

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
Közettan-Geokémiai Tanszék

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS

PÉTERDI BÁLINT

**SZERSZÁMKÖVEK ÉS CSISZOLT KŐESZKÖZÖK
ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI
(BALATONŐSZÖD – TEMETŐI DŰLŐ LELŐHELY,
KÉSŐ RÉZKOR, BÁDENI KULTÚRA)**

Földtudományi Doktori Iskola
Földtan-Geofizika Doktori Program

Témavezető:

Dr. Szakmány György PhD

egyetemi docens
ELTE TTK FFI Közettan-Geokémiai Tanszék

Doktori program vezetője:

Dr. Gábris Gyula

Doktori iskola vezetője:

Dr. Mindszenty Andrea

**Budapest
2011**

TARTALOMJEGYZÉK

I. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS	1. oldal
II. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK	3. oldal
III. BAZALT	5. oldal
III.1. A petrográfiai és az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei	5. oldal
III.2. Kőzetkémi elemzések és értelmezésük	10. oldal
III.3. Ásványkémi elemzési eredmények értelmezése	21. oldal
III.4. További diszkusszió (ásványos összetétel és szövet)	30. oldal
IV. „TRACHIDOLERIT” (ALKÁLI BÁZISOS TELÉRKÖZETEK)	39. oldal
IV.1. A petrográfiai és az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei	39. oldal
IV.2. Kőzetkémi elemzés (PGAA) és mágneses szuszceptibilitás (MS)	41. oldal
IV.3. Az eredmények értelmezése, lehetséges forrásterületek	43. oldal
V. NEFRIT	50. oldal
V.1. A petrográfiai és az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei	50. oldal
V.2. Kőzetkémi elemzés (PGAA) és mágneses szuszceptibilitás (MS)	52. oldal
V.3. Lehetséges forrásterületek	52. oldal
V.4. Az eredmények értékelése, a legvalószínűbb forrásterület	61. oldal
VI. SZERPENTINIT	62. oldal
VI.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei	63. oldal
VI.2. Kőzetkémi elemzés (PGAA) és mágneses szuszceptibilitás (MS)	63. oldal
VI.3. Lehetséges forrásterületek	64. oldal
VII. KONTAKT METABÁZIT	71. oldal
VII.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei	71. oldal
VII.2. Kőzetkémi elemzés (PGAA) és mágneses szuszceptibilitás (MS)	73. oldal
VII.4. Az eredmények értékelése, a legvalószínűbb forrásterület	75. oldal
VIII. KOVÁS ANDEZIT	78. oldal
VIII.1. A petrográfiai és az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei	78. oldal
VIII.2. Kőzetkémi elemzés (PGAA)	80. oldal
VIII.3. Lehetséges forrásterületek	80. oldal
IX. METAALUROLIT vagy METATUFA	81. oldal
IX.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei	81. oldal
IX.2. Kőzetkémi elemzés (PGAA) és mágneses szuszceptibilitás (MS)	82. oldal
IX.3. Lehetséges forrásterületek	82. oldal
X. MIKROKRISTÁLYOS MÉSzkő („FEHÉR Kő”)	83. oldal
SZERSZÁMKÖVEK, EGYÉB MEGMUNKÁLT ÉS MEGMUNKÁLATLAN Kő-LELETEK	83. oldal
XI. HOMOKKÖVEK	84. oldal
XI.1. „Vörös HOMOKKÖVEK”	84. oldal
XI.1.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei	84. oldal
XI.1.2. Lehetséges forrásterületek	89. oldal
XI.1.3. Kőzetkémi elemzés (ICP-MS, ICP-ES)	96. oldal
XI.1.4. Az eredmények értékelése, a legvalószínűbb forrásterületek	98. oldal
XI.2. Szürke, csillámos, karbonátos kötőanyagú homokkő	100. oldal
XI.2.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei	100. oldal
XI.2.2. Az eredmények értékelése, a legvalószínűbb forrásterületek	101. oldal
XII. BAZALTOS LAPILLITUFA	102. oldal

XII.1. A petrográfiai és az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei	102. oldal
XII.2. Ásványkémi elemzési eredmények értelmezése – összehasonlítás a lehetséges forrásterületekkel	106. oldal
XII.3. Az eredmények értelmezése, lehetséges forrásterületek	108. oldal
XIII. FEHÉR GRÁNIT	112. oldal
XIII.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei	112. oldal
XIII.2. Lehetséges forrásterületek	114. oldal
XIV. KARBONÁTOS KÖZETEK (MÉSZKÖVEK ÉS DOLOMITOK)	116. oldal
XIV.I. Édesvízi mészkő	116. oldal
XIV.I.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei	116. oldal
XIV.I.2. Lehetséges forrásterületek	117. oldal
XIV.II. Kagylóhéj-töredékes mészkő (1 db)	117. oldal
XIV.III. Dolomit (2 db)	117. oldal
XV. Kavicsok (25 db)	118. oldal
XVI. Mesterséges anyag (durva kerámia? 10? db)	119. oldal
XVII. Összefoglalás	119. oldal
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	124. oldal
IRODALOM	125. oldal
TÁBLÁZATOK	137. oldal

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Balatonöszöd-Temetői dűlő.	3. oldal
2. ábra Részletes vizsgálatokra kiválasztott régészeti leletek (bazaltok).	5. oldal
3. ábra Petrográfiai-mikroszópós fotók (Régészeti leletek, 1. bazalt-változat.)	7. oldal
4. ábra SEM-fotók (Régészeti leletek, 1. bazalt-változat.)	7. oldal
5. ábra Petrográfiai-mikroszópós fotók (Régészeti leletek, 2. bazalt-változat)	9. oldal
6. ábra SEM-fotók (Régészeti leletek, 2. bazalt-változat)	9. oldal
7. ábra Gd-koncentráció a Sm-tartalom függvényében (PGAA-mérések, bazaltok)	11. oldal
8. ábra Fiatal bazalt-területek a Kárpát-medencében.	12. oldal
9. ábra TAS (Total Alkali-Silica)-diagram (bazaltok)	13. oldal
10. ábra Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -diagram (bazaltok)	14. oldal
11. ábra Fe ₂ O ₃ -SiO ₂ -diagram (bazaltok)	14. oldal
12. ábra MgO-SiO ₂ -diagram (bazaltok)	15. oldal
13. ábra CaO- SiO ₂ , Na ₂ O- SiO ₂ , K ₂ O- SiO ₂ , TiO ₂ -SiO ₂ -diagram (bazaltok)	15. oldal
14. ábra Fe ₂ O ₃ -TiO ₂ -diagram, Na ₂ O + K ₂ O-TiO ₂ /Al ₂ O ₃ -diagram (bazaltok)	16. oldal
15. ábra Nyomelemek N-MORB-ra normált értékei (bazaltok)	17. oldal
16. ábra Ritkaföldfémek kondritra normált értékei (bazaltok)	18. oldal
17. ábra Diszkriminancia-analízis eredménye (teljes-kőzet kémiai elemzések (bazaltok): főelemek)	20. oldal
18. ábra Olivinek CaO-tartalma a forsterit-molekula-tartalom függvényében.	22. oldal
a) Régészeti leletek: 1. bazalt-változat; Hegyestű	
b) Régészeti leletek: 2. bazalt-változat; Haláp, Uzsa	
19. ábra Olivinek CaO-tartalma a forsterit-molekula-tartalom függvényében.	23. oldal
(Régészeti leletek (bazaltok), geológiai lelőhelyek)	

20. ábra a) Titánaigitok Ti-tartalma az Al-tartalom függvényében. b) Titánaigitok Ti-tartalma a $mg\#$ függvényében (Régészeti leletek (bazaltok); Hegyestű, Haláp)	24. oldal
21. ábra Spinellek, titanomagnetitek, ilmenitek Cr_2O_3 -tartalma az Al_2O_3 -tartalom függvényében. (Régészeti leletek (bazaltok), geológiai lelőhelyek)	28. oldal
22. ábra Spinellek, titanomagnetitek, ilmenitek TiO_2 -tartalma az FeO-tartalom függvényében. (Régészeti leletek (bazaltok), geológiai lelőhelyek)	29. oldal
23. ábra Geológiai térkép: a régészeti lelőhellyel és a vizsgált régészeti leletek (bazaltok) nyersanyagának legvalószínűbb származási helyeivel.	38. oldal
24. ábra BOT X6-os kőbalt (,,trachidolerit”)	39. oldal
25. ábra BOT X8-as kőbalt (,,trachidolerit”)	41. oldal
26. ábra TAS (Total Alkali-Silica)-diagram (,,trachidoleritek”)	42. oldal
27. ábra Gd-koncentráció a Sm-tartalom függvényében (PGAA-mérések, „trachidoleritek”)	42. oldal
28. ábra Na_2O - SiO_2 -diagram (,,trachidoleritek”)	43. oldal
29. ábra K_2O - SiO_2 -diagram (,,trachidoleritek”)	44. oldal
30. ábra Klinopiroxének Ti-tartalma az Al-tartalom függvényében. (Régészeti leletek (,,trachidoleritek”); mecseki vulkanitok, telérokzetek)	47. oldal
31. ábra Amfibolok besorolása (,,trachidoleritek”)	47. oldal
32. ábra Geológiai térkép: „Trachidolerit” kibúvások a felszínen.	50. oldal
33. ábra BOT X5-ös kőbalt (nefrit)	51. oldal
34. ábra Amfibol besorolása (nefrit)	51. oldal
35. ábra R^* ($Mg^{2+}/Mg^{2+}+Fe^{2+}(3^{+})$, molszázalék-arány)- SiO_2 -diagram (nefritek)	53. oldal
36. ábra MgO - SiO_2 -diagram (nefrit)	59. oldal
37. ábra Fe_2O_3 - SiO_2 -diagram (nefrit)	59. oldal
38. ábra Szerpentinit anyagú kőbalták	62. oldal
39. ábra BOT X2-es kőbalt (kontakt metabázit)	71. oldal
40. ábra BOT X12-es kőbalt (kontakt metabázit)	72. oldal
41. ábra Térkép: Cseh-masszívum: metamorfítok (nefrit, szerpentinit, kontakt metabázit) legvalószínűbb nyersanyag-forrásterületei, valamint andaluzitos fehér gránit kibúvások	78. oldal
42. ábra BOT X13-as kőbalt (kovás andezit)	79. oldal
43. ábra BOT X10-es kőbalt (meta-aleurolit? / meta-tufa?)	81. oldal
44. ábra Homokkő anyagú szerszámkövek	85. oldal
45. ábra Petrográfiai-mikroszópós fotók (Régészeti leletek, vörös homokkövek, I. csoport.)	87. oldal
46. ábra Petrográfiai-mikroszópós fotók (Régészeti leletek, vörös homokkövek, II. csoport)	88. oldal
47. ábra A törmelék-szemcsék megoszlása (QFL: kvarc-földpát-közzettörmelék háromszög-diagram): régészeti leletek, Balatonfelvidéki Fm, mecseki „vörös” homokkövek.	88. oldal
48. ábra Főelemek FKK-ra normált értékei (régészeti leletek, Balatonfelvidéki Fm, mecseki „vörös” homokkövek)	95. oldal
49. ábra Nyomelemek FKK-ra normált értékei, Ritkaföldfémek kondritra normált értékei (régészeti leletek, Balatonfelvidéki Fm, Jakabhegyi Fm)	96. oldal

50. ábra Geológiai térkép: Balatonfelvidéki Fm a felszínen	99. oldal
51. ábra Geológiai térkép: mecseki perm-triász törmelékes formációk a felszínen.	100. oldal
52. ábra Petrográfiai-mikroszópós fotók (Régészeti leletek, homokkövek, III. csoport)	101. oldal
53. ábra Makroszkópós és Petrográfiai-mikroszópós fotók (régészeti leletek: bazaltos lapillitufa)	103. oldal
54. ábra SEM-fotók (régészeti leletek: bazaltos lapillitufa)	105. oldal
55. ábra Klinopiroxének Ti-tartalma az Al-tartalom függvényében. (Régészeti leletek (bazaltok, bazaltos lapillitufák); Hegyestű, Haláp)	107. oldal
56. ábra Klinopiroxének Ti-tartalma magnézium-szám függvényében. (Régészeti leletek (bazaltok, bazaltos lapillitufák); Hegyestű, Haláp)	107. oldal
57. ábra Bazaltos lapillitufákban és tufákban megjelenő kőzetüveg-szilánkok összetétele. TAS (Total Alkali-Silica)-diagram (régészeti leletek, Balatonfelvidék)	108. oldal
58. ábra BOT X9-es kőbalta (kétesillámú, andaluzitos fehér gránit)	113. oldal
59. ábra Geológiai térkép: andaluzitos fehér gránit kavicsok elfordulási helye a mecseki miocén konglomerátumban.	115. oldal
60. ábra Édesvízi (mocsári) mészkő és dolomit:	116. oldal
61. ábra A régészeti leletek megoszlása nyersanyaguk alapján (közéttípusok szerint).	120. oldal
62. ábra A régészeti leletek nyersanyagának forrásterületei.	122. oldal
63. ábra A régészeti leletek megoszlása nyersanyaguk alapján (a nyersanyaglelőhelyek régészeti lelőhelytől való távolsága szerint).	124. oldal

I. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

Az archeometria – régészeti leletek természettudományos eszközökkel történő szisztematikus vizsgálata – viszonylag fiatal, csak néhány évtizedes múltra visszatekintő tudományág, amely napjainkra nemzetközi szinten is fontos részét képezi az alkalmazott geológiai kutatásoknak. Kőzetanyagú leletekkel foglalkozó részterülete (petroarcheológia, petroarcheometria) Magyarországon is dinamikusan fejlődő terület. A kutatások célja a kőzetekből készített tárgyak nyersanyagának minél pontosabb közettani meghatározása és a lehetőségekhez mérten a nyersanyagok forrásterületének lehatárolása, szerencsés esetben az egykori bányászat pontos helyének meghatározása – ezáltal olyan egykori kulturális kapcsolatok feltárása, amelyeket írásbeliség híján más eszközökkel nem, vagy csak bizonytalan módon lehet nyomozni. A leletek természettudományos vizsgálatával a tárgyak készítési technikájáról, használatáról, végeredményben a régmúlt embereinek mindennapi életéről is képet kaphatunk, ezzel is segítve a régészeti kutatásokat. Mindemellett a távolsági nyersanyagok felkutatásával az egyes népek, kultúrák kapcsolatrendszeréről is értékes információk kerülhetnek napvilágra.

Az eddigi kutatások eleinte a pattintott kőeszközök, majd ezek mellett a csiszolt kőeszközök vizsgálatával foglalkoztak nagyobb számban. A szerszámkövek kutatására a közelmúltig nem fordítottak nagy figyelmet, ásátásokon gyakorta be sem gyűjtötték őket, holott - főleg az őskori – leletanyagban nagy mennyiséget képviselnek. Szerszámköveket minden periódusból ismerünk, az őskortól napjainkig. Azokat a kőből készült használati eszközöket nevezzük szerszámkőnek, amelyek nem sorolhatók be se a pattintott, se a csiszolt kőeszközök hagyományos csoportjai közé. Leggyakoribb típusaik: őrlőkövek (malomkövek), fenőkövek, csiszolókövek, ütőkövek, retusőrök és számos, egyelőre ismeretlen funkciójú, kőzet-anyagú használati tárgy. (T. Biró & Péterdi 2011) Mivel a régészeti leletanyagban általában viszonylag nagy számban fordulnak elő, emellett kiállítási értéket általában csak ritkán képviselnek, a szerszámkövek vizsgálatában nagyobb lehetőség nyílik a különböző roncsolásos vizsgálatok alkalmazására. Mindennapos használati jellegük miatt általában a felhasználásukhoz közeli nyersanyaglelőhelyről származnak (bár előfordulnak távoli lelőhelyek kiemelkedő minőségű nyersanyagaiból készült szerszámkövek is). Ezek a tulajdonságok különösen alkalmassá teszik a szerszámköveket az archeometriai vizsgálatokra, azon belül a nyersanyag származási helyének vizsgálatára.

Szerszámkövek archeometriai vizsgálatával eddig csak kevesen foglalkoztak (pl. Kázmér 2005. Szakmány & Nagy 2005; Péterdi et al. 2009a, 2009b; Szakmány & Nagy-Szabó 2011; Péterdi et al 2011a, 2011 b; Oláh et al. in press), és a közlemények terjedelmi korlátai miatt

általában csak egy régészeti lelőhely egy bizonyos közettípusából készült szerszámköveit dolgozták fel. Általánosan elmondható, hogy a csiszolt kőszközök vizsgálata a szerszámkövektől elkülönítve folyt (gyakran nem is ugyanaz a kutató, vagy kutatócsoport végezte egy-egy régészeti lelőhely csiszolt kőeszközeinek, illetve szerszámköveinek archeometriai feldolgozását). Mivel a csiszolt kőeszközök és a szerszámkövek megmunkálási technikái hasonlóak, előfordulhat a nyersanyaguk közötti hasonlóság, vagy akár azonosság is. Gyakoribb azonban, hogy a csiszolt kőeszközök és a szerszámkövek nyersanyaga, ha nem is azonos közettípusból készültek, mégis, egyazon területről, földtani egységből származik. Érdekes tehát egy régészeti lelőhely csiszolt kőeszköz- és szerszámkő-leleteit együtt vizsgálni, így az azonos nyersanyagú vagy azonos területről származó szerszámkövek roncsolásos vizsgálatával a komolyabb kiállítási értéket képviselő, ezért csak korlátozott mértékben vizsgálható csiszolt kőeszközökről is több információ nyerhető. Ilyen átfogó, egy régészeti lelőhely teljes csiszolt- és szerszámkő-leletekre kiterjedő vizsgálata Magyarországon eddig csak néhány esetben történt meg (Horváth 2004; Szakmány et al. 2008).

Doktori kutatásom célkitűzése a nagyterjedésű, jelentős mennyiségű leletanyagot szolgáltató Balatonöszöd – Temetői-dűlő régészeti lelőhely (Horváth et al. 2006, Horváth 2010) szerszámkő- és csiszolt kőeszköz-leletanyagának szakszerű közettani feldolgozása, és az előforduló jellemző nyersanyagok származási helyének minél pontosabb behatárolása.

Balatonöszöd-Temetői dűlő lelőhely a késő rézkori badeni kultúra Magyarországon eddig feltárt legnagyobb és leghosszabb életű települése. A feltárt és a hozzá kapcsolódó regisztrált lelőhely együttes területe meghaladta a 20 hektárt (**1. ábra**). Északon a boierai kultúra településének magja, délebbre az átmeneti és a klasszikus badeni kultúra településének magja található. A lelőhelyen a középső rézkori Balaton-Lasinja kultúrának és a Boierai kultúrának is kerültek elő önálló objektumai. A Balaton-Lasinja kultúra és a Baden kultúra anyaga több helyen keverve került elő, anélkül, hogy a metszetben későbbi beásás vagy bolygatás nyoma lett volna megfigyelhető. (Horváth et al. 2006, Horváth 2010)

A továbbiakban a különböző kultúrák csiszolt kőeszközeit együtt, összevonva tárgyalom, mivel bármelyik itt tárgyalt korszak csiszolással megmunkált leleteiről olyan keveset tudunk, hogy az eszközök szétválasztását tipológiailag vagy nyersanyag alapján nem tudjuk megkísérelni, a lelőhelyen pedig a legtöbb korszak a késő rézkorral szuperpozícióban jelentkezett, így a néhány, potenciálisan a középső rézkorba vagy korai bronzkorba is sorolható lelet kora és kulturális besorolása kérdéses.



1. ábra

Balatónöszöd-Temetői dűlő. Az ásáti terület és közvetlen környezete. Készítette: Viemann Zsolt (www.szekely-kiado.hu ortofotó háttérkép alapján, Horváth et al. 2006).

II. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A leleteket makroszkópos (azaz szabad szemmel és kézi nagyítóval végzett) megfigyelések révén nyersanyaguk alapján csoportokba soroltam. A csoportok egy, vagy néhány jellemző (és régészeti szempontból kevésbé értékes, töredékes) példányából vékonycsiszolatot készítettem a részletes, petrográfiai (polarizációs) mikroszkópos vizsgálatokhoz. A mikroszkópos vizsgálatok eredményét (ásványos összetétel, közetszövet) geokémiai vizsgálatokkal (teljes kémiai és elektron-mikroszondás ásványkémiai vizsgálatokkal) és fizikai vizsgálatlalt (mágneses szuszceptibilitás-mérés) egészítettem ki.

A teljes kémiai elemzések ICP-ES, illetve ICP-MS segítségével készültek a vancouveri ACME Analytical Laboratories Ltd. Laboratóriumában, valamint roncsolásmentes PGAA módszerrel Budapesten, a KFKI Izotópkutató Intézetében (a mérés a 10 MW-os Budapest Kutató Reaktornál készült, ahol a 24 mm² felületre kollimált, $1 \cdot 10^8$ termális ekvivalens neutronfluxusú neutronnyalábbal 3416 s-ig történt a besugárzás). A detektálást Canberra HPGe-BGO-detektorrendszerrel, a spektrum értékelését Hypermet PC szoftverrel végezték. A PGAA-méréseket és a spektrumok értékelését Szilágyi Veronika és Kasztovszky Zsolt végezték.

Csiszolt kőszekőokról, szerszámkövekről és potenciális nyersanyagaikról több, mint tíz éve folynak PGAA-val végzett, roncsolásmentes vizsgálatok (pl. Fűri 2003, Fűri et al. 2004, Szakmány & Kasztovszky 2004, Péterdi et al. 2009), amelyek célja a régészeti leletek

Az ásátás során napvilágra került 500 db közet anyagú leletet vizsgáltam meg. A leletek felhasználásuk alapján főleg kőbalták és őrlőkövek voltak, nyersanyagukat tekintve a kőbalták túlnyomó többsége (90%) bazaltból, az őrlőkövek túlnyomó többsége (62%) homokkőből készült.

Az alábbiakban a leletek nyersanyagának vizsgálati eredményeit közlöm (nyersanyaguk szerint csoportosítva), és ahol tudom megadom, illetve lehatárolom a nyersanyagok lehetséges forrásterületét is.

nyersanyagának ezzel a teljesen roncsolásmentes módszerrel történő kémiai elemzése, a nyersanyagok forrásterületének minél pontosabb meghatározása, illetve az elemzésekből egy alap adatbázis felállítása (Szakmány et al. 2010; Szakmány et al. in press).

Az elektron-mikroszondás (EPMA) vizsgálatok az MTA Geokémiai Kutató Intézetében, Budapesten készültek (Oxford Instruments INCA Energy 200 típusú energiadiszperzív elemző rendszerrel felszerelt JEOL Superprobe 733 típusú elektron-mikroszondával, 15 kV gyorsítófeszültség és 4 nA mintaáram értékek mellett). Az EPMA vizsgálatokat Judik Katalin és Dobosi Gábor végezték.

Néhány kőbaltát (BOT X2, BOT X10, BOT X12, lásd az 1. táblázatot) épségük megőrzése érdekében nem vethettem alá roncsolásos vizsgálatnak. Ezeken a leleteken roncsolásmentes elektron-mikroszondás (EPMA, SEM-EDX) vizsgálatok készültek az ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézetében, a Közettan-Geokémiai Tanszéken. Itt az elektronmikroszkóp mintakamrájába meglehetősen nagy minták is beférnek, ezért a köeszközöket roncsolásos előkészítés nélkül, egyben be lehet tenni a mintakamrába. Előkészítésként a mintát mindössze alufóliába kell becsomagolni, az előre kiválasztott mérési hely kivételével, ahol a felületet vezető szénréteggel kell bevonni, amely a vizsgálat után maradéktalanul eltávolítható. A mérési körülmények ideálistól eltérő volta miatt (a csiszolt köeszközök felülete nem teljesen sík) az egyes ásványfázisok összetételéről ezzel a módszerrel csak fél-quantitatív elemzést lehet készíteni, azaz az így nyert ásványkémiai adatok nagyfokú pontatlansággal terheltek, csak tájékoztató jellegűek lehetnek. A mérésekhez használt műszer EDAX PV9800-as energiadiszperzív spektrométerrel felszerelt AMRAY 1830 típusú pásztázó elektronmikroszkóp. A mérés és a fotózás 20 kV gyorsítófeszültségen, 1 nA mintaárammal történt, a mérési pont átmérője minden esetben megegyezett a fókuszált elektronsugár átmérőjével (~50-100 nm). A mérési idő 100 s (livetime). A roncsolásmentes elektron-mikroszondás vizsgálatokat Bendő Zsolt végezte.

A kapott adatokat a szakirodalomban közölt elemzések adataival vetettem össze. A nagyszámú elemzési adat feldolgozásához és szemléletes megjelenítéséhez diagramokat készítettem és többváltozós adatelemző módszereket alkalmaztunk (hierarchikus klaszteranalízis, diszkriminancia-analízis). A többváltozós adatelemzésben Kovács József volt segítségemre.

A mágneses szuszeptibilitás (MS) mérésekhez 10 kHz frekvencián működő, $1 \cdot 10^{-5}$ SI érzékenységű, Kappameter KT-5 típusú mágneses szuszeptibilitás mérőt használtunk, a műszer kör alakú érzékelőfeje 60mm átmérőjű. A valós MS-érték kiszámításának érdekében a mért értékeken a minták méretéből és alakjából adódóan szükséges korrekciókat végeztünk

(Bradák et al. 2005; Bradák et al. 2009). Az MS-méréseket és a korrekciós számításokat Szakmány György segítségével végeztem.

A vizsgált mintákról és az elvégzett vizsgálatokról az **1. táblázat** tájékoztat. Az áttekinthetőség érdekében a továbbiakban a mintapéldányokra – a bonyolultabb objektum és szelvényszám helyett – a táblázat „mintajel” oszlopában található jellel, vagy a közvetváltozat megnevezésével hivatkozom. Ugyancsak az áttekinthetőség érdekében a teljes közet kémiai összetételi eredményeket és a korrigált mágneses szuszceptibilitás értékeket is összesítő táblázatban közlöm (**2. táblázat**: PGAA-mérések eredményei, **3. táblázat**: ICP-MS és ICP-ES mérések eredményei, **4. táblázat**: korrigált MS-értékek).

III. BAZALT

A köeszköz leletanyag 41%-át (204 db) bazalt nyersanyagból készítették (**16. táblázat és 61. ábra**). Bazaltból főleg kőbalták (átfúratlan, trapéz alakú kőbalták, és átfúrt, éles vésőélű gyalubalták valamint nehéz testű döntőfejszék) készültek (151 db), túlnyomó többségük félkész vagy töredékes, anyaguk mállott. A balták mellett szerszámkövek (marokkövek, őrlőkövek) (25 db), ismeretlen rendeltetésű tárgyak, nyersanyagtömbök (22 db) és a nyéllyukas balták fűrómagjai kerültek elő (6 db).

III.1. A petrográfiai és az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei

A régészeti leletek nyersanyaga szürke, finomszemcsés bazalt, majdnem minden lelet mállott, vagy erősen mállott. Az eltemetődés során elsősorban világosbarna, illetve világosszürke, fehér, karbonátos bevonat képződött a leletek felületén (**2. ábra**). A részletes petrográfiai mikroszkópos és elektron-mikroszondás vizsgálatokhoz természetesen a lehető legédőbb minták közül válogattam.



2. ábra
Részletes vizsgálatokra kiválasztott régészeti leletek (bazaltok).

Bár első ránézésre a leletek anyaga nagyon hasonló, mégis a szabad szemmel és kézi nagyítóval látható fenokristályok színe és a mállás egyéb jellegzetességei alapján két csoportba soroltam a leleteket.

Az első változat (82 db) felülete a karbonátos bevonat által el nem fedett részeken közel azonosan egyszínű szürke, az egyenletes eloszlásban megjelenő fenokristályok (olivin) mérete általában

0,5-2 mm között van, színük barna (sárgás- és zöldesbarna).

Sok kipattogzott fenokristály helyét csak apró üregek jelzik. A vékonycsiszolat-készítéshez kialakított, frissen vágott felületen a fenokristályok színe zöld (nagyon ritkán halvány vörösbarna elszíneződéssel).

A második változat (122 db) karbonátos bevonattal nem érintett felületén ezzel szemben átlagosan 3-8 mm átmérőjű egészen világos szürke foltokat találunk. A világosszürke foltok elszórtan, egyenletes eloszlásban borítják a leletek felületét, a bennük található fenokristályok teljesen megegyeznek a sötétebb szürke felületű részekben láthatóakkal. Az egyenletes eloszlásban megjelenő fenokristályok (olivin) mérete általában 0,5-2 mm között van, színük általában egészen sötét vörösbarna (szinte fekete), de előfordulnak zöldes színűek is. Az igen erőteljesen mállott leleteken 1-3 mm-es halványvörös, izometrikus foltok is megjelennek, melyeknek 0,2-0,3 mm széles, sötét vörösbarna szegélye van (megjelenésük alapján iddingzitesedett olivin fenokristályok). Frissen vágott felületen a közet sötétszürke (nem láthatóak a felületen megjelenő világosszürke foltok), a fenokristályok színe vörösbarna (elvértve egy-egy zöldes színű szemcse is előfordul). Sok kipattogzott (vagy kimállott) fenokristály helyét csak apró üregek jelzik. Az erőteljesen mállott leletek frissen vágott felületén jól láthatóak a vörösbarna, iddingzitesedett olivin fenokristályok, valamint erek mentén megjelenő, vörösbarna mállási elszíneződés.

A fenti két, makroszkóposan elkülönített bazalt-változat anyagában a mikroszkópos és elektron-mikroszondás vizsgálatok jelentős különbségeket mutattak ki.

Mikroszkópos jellemzők:

1. változat:

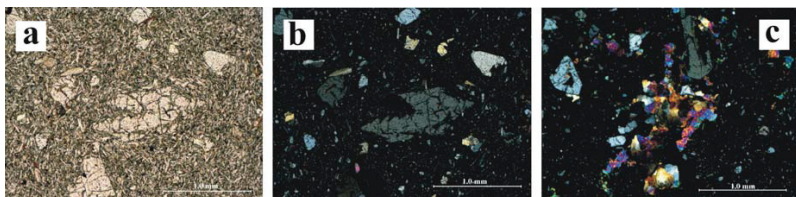
Porfíros, intergranuláris szövétű bazalt.

Fenokristályok:

- Idiomorf-hipidiomorf, táblás, néhány száz μm -es, mm-es nagyságú olivin-kristályok (**3.a-b ábra**). Általában üdék, de egy részük karbonátosodott.
- Hipidiomorf, táblás, néhány száz μm -es (azaz az olivin-fenokristályoknál kisebb), üde klinopiroxén-kristályok (**3.a-b ábra**). Előfordulnak színes elegyrész (olivin?, klinopiroxén?) utáni karbonátos pszeudomorfózák is (**3.c ábra**).

Mikrofenokristályok (100 μm -nél kisebb méretűek):

- idiomorf-hipidiomorf olivin, táblás vagy nyúlt, oszlopos klinopiroxén és zömök, izometrikus titanomagnetit.

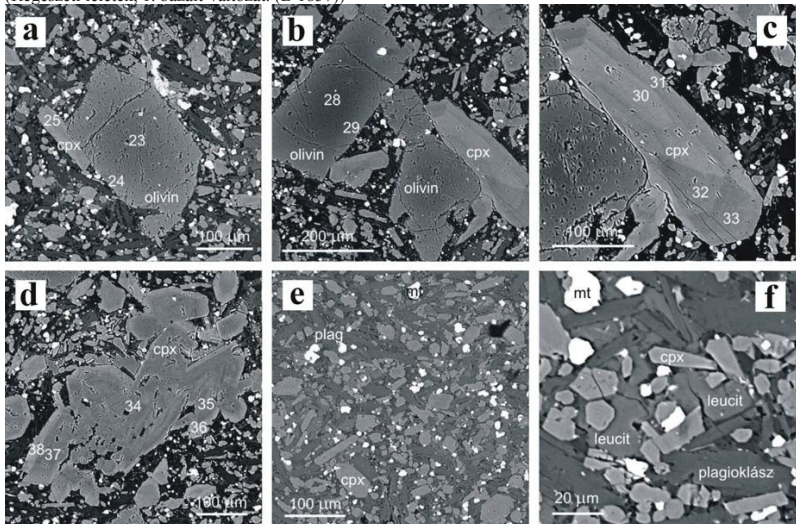


3. ábra/

a-b) Petrográfiai-mikroszópós fotó (a: 1N, b: +N): szöveti kép olivin- és klinopiroxén-fenokristályokkal.

c) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): karbonátos pszeudomorfózák.

(Régészeti leletek, 1. bazalt-változat. (B 1857))



4. ábra/

a) SEM-fotó: zónás olivin-fenokristály klinopiroxén mikrofenokristállyal a szélén.

b) SEM-fotó: olivin- és klinopiroxén-fenokristályok.

c) SEM-fotó: zónás klinopiroxén-fenokristály.

d) SEM-fotó: monomineralikus klinopiroxén-fenokristály halmaz.

e) SEM-fotó: plagioklász, klinopiroxén, magnetit az alapanyagban.

f) SEM-fotó: leucit, klinopiroxén, plagioklász, magnetit az alapanyagban.

(Régészeti leletek, 1. bazalt-változat. (B 1857); rövidítés: cpx – klinopiroxén, plag – plagioklász, mt - magnetit)

Az elektron-mikroszondás vizsgálatok kimutatták, hogy az olivin-fenokristályok zónásak (a zónáság folyamatos) (**4.a ábra**). A vastartalom a magtól kifelé haladva növekszik (a fayalit-tartalom 13-17%-ról 21-22%-ra növekszik).

A klinopiroxén-fenokristályok és mikrofenokristályok olivinnel összennőve (**4.a-b ábra**), vagy monomineralikus halmazokat alkotva jelennek meg (**4.d ábra**). Komplex szektor és koncentrikus zónáságot mutatnak (**4.c ábra**), összetételük tág határok között változik: az

Mg-érték 0.78 – 0.83, az Al_2O_3 -tartalom 0.6 és 12.6 t% között, míg a TiO_2 -tartalom 0.5 és 5.3 t% között mozog.

A mikrofenokristály generációban kimutatható titanomagnetit jellemzője a viszonylag nagy, 2 t% fölötti Cr_2O_3 -tartalom.

Az alapanyagot klinopiroxén, plagioklász, opakásvány (titanomagnetit), leucit és közetüveg alkotja (**4.e-f ábra**), olivin vagy olivinre utaló bomlástermék nem található benne. A leucit nagyon kis mérete (20 μm) miatt csak elektron-mikroszondával volt azonosítható, xenomorf kristályai (a közetüveghez hasonlóan) az alapanyagban található plagioklász és klinopiroxén-kristályok között fennmaradt helyeket töltik ki. Az alapanyagban a sötét barna színű közetüveg mennyisége kevesebb, mint 10%, eloszlása egyenletes. Az alapanyag klinopiroxén kristályainak összetétele ugyanolyan tág határok között változik, mint a fenokristályoké. A plagioklász lécek labradoritos összetételűek (56-66% anortit-tartalommal). A titanomagnetit-szemcsék alig tartalmazznak krómot, alumínium- és magnézium-tartalmuk is kisebb, mint a mikrofenokristályok között található szemcséké.

Másodlagos karbonát-foltok, erek is találhatóak a közetben. A karbonátok zónásak, az összetétel a viszonylag tiszta kalcitól néhány százalékos vastartalomig változik.

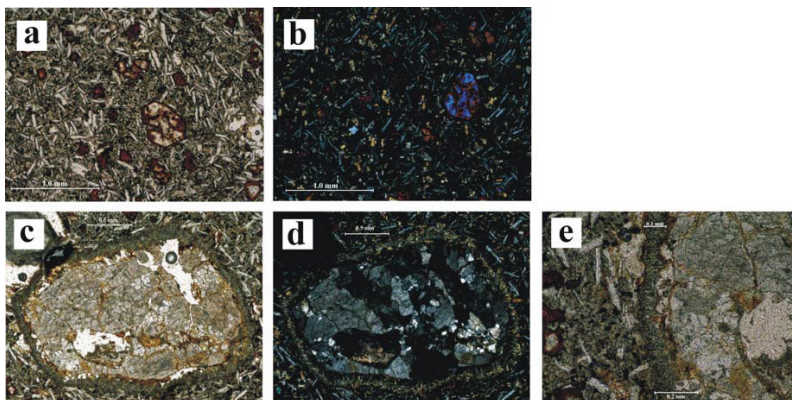
2. változat:

Porfíros, intergranuláris szövetű bazalt. Az első változatnál durvább szemcsés és erősebben átalakult.

Fenokristályok:

- Kizárólag idiomorf-hipidiomorf, táblás, néhány száz μm -es – néhány mm-es nagyságú, erősen idingzitesedett olivin (**5.a-b ábra**).

Az elektron-mikroszondás vizsgálatok kimutatták, hogy az olivin-fenokristályok zónásak (a zónásság folyamatos). A vastartalom a magtól kifelé haladva növekszik, de az előrehaladott átalakulás miatt a vasdús szegély általában elbomlott, viszonylag üde szegély csak egy-két szemcsén volt mérhető (a fayalit-tartalom a szemcsék magjában változatos, általában 14-18%-os, ritkán a 27%-ot is elérheti; míg a csak néhány helyen mérhető szegélyben 26-40%-ra növekszik) (**6.a ábra**). Néhány szemcse plagioklász, illetve többfázisú (klinopiroxénből, plagioklászból, apatitból, opakásványból és egy azonosíthatatlan, Na-dús fázisból álló) zárványokat tartalmaz. A plagioklász-zárványok, illetve az összetett zárványokban a plagioklász anortit-tartalma 59 és 62% között változik, a klinopiroxén pedig Ti-augitos összetételű (2,44-3,72 t% TiO_2 , 5,97-7,60 t% Al_2O_3) (**6.b-c ábra**).

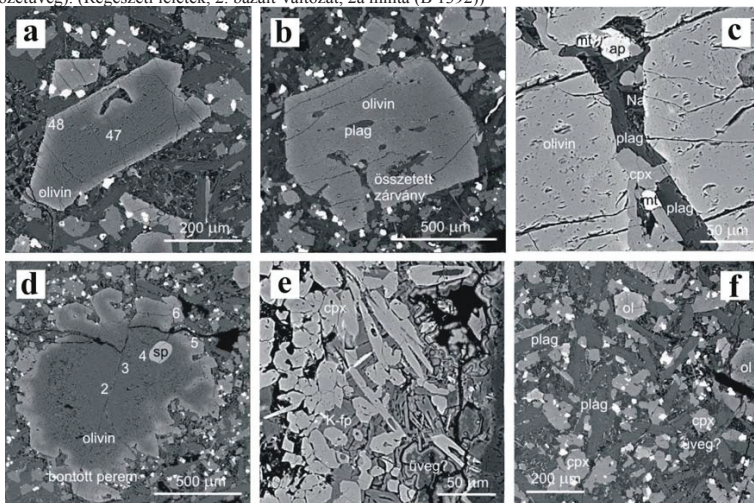


5. ábra/

a-b) Petrográfiai-mikroszópós fotó (a: 1N, b: +N): szöveti kép iddingzitesedett olivin-fenokristályokkal.

c-d) Petrográfiai-mikroszópós fotó (c: 1N, b: +N): kvarcit-xenokristály reakció-koronával.

e) Petrográfiai-mikroszópós fotó (1N): a kvarcit-xenokristály reakció-koronája (klinopiroxén, káliföldpát és közetűveg). (Régészeti leletek, 2. bazalt-változat, 2a minta (B 1392))



6. ábra/

a) SEM-fotó: olivin-fenokristály.

b) SEM-fotó: zárványos olivin-fenokristály.

c) SEM-fotó: olivin-fenokristály összetett zárványa (plagioklász, klinopiroxén, magnetit, apatit, Na-tartalmú fázis (közetűveg?))

d) SEM-fotó: olivin-xenokristály Cr-spinell zárvánnyal.

e) SEM-fotó: a kvarcit-xenokristály reakció-koronája (klinopiroxén, káliföldpát és közetűveg).

f) SEM-fotó: olivin, klinopiroxén, plagioklász (közetűveg?) az alapanyagban.

(Régészeti leletek, 2. bazalt-változat, 7/a, d-f: 2a minta (B1392), 7/b-c: 2b minta (B 2677); rövidítések: plag – plagioklász, cpx – klinopiroxén, ol – olivin, sp – spinell, K-fp -káliföldpát)

A közetváltozat jellegzetessége, hogy köpeny- és kéregeredetű zárványok is megjelennek benne.

A **6.d ábrán** köpenyeredetű olivin xenokristály látható. A szemcse forsterit-tartalma 90%. A szemcse szélénél króm-spinell zárvány található (Cr_2O_3 -tartalom: 33 t%).

Kéregeredetű zárvány a **5.c-d ábrán** látható nagyméretű kvarc- (kvarcit-) xenokristály (xenolit), amelyet finomszemcsés reakciószegély övez (**5.e ábra**). A reakciószegélyt klinopiroxén, kálföldpát és kőzetüveg alkotja, helyenként tús kifejlődésű apatitot is tartalmaz (**6.e ábra**). A klinopiroxén jellemző sajátága, hogy gyakorlatilag nem tartalmaz alumíniumot (0,00-0,68 t% Al_2O_3) és titánt (0,25-0,76 t% TiO_2). A kálföldpát összetétele hozzávetőleg $\text{An}_1\text{Ab}_{30}\text{Or}_{69}$. Ehhez hasonló összetételű földpát máshol nincs a mintában.

Az alapanyagot olivin, klinopiroxén, plagioklász, opakásvány (titanomagnetit) és kőzetüveg alkotja (**6.f ábra**). Az alapanyagban a sötét színű kőzetüveg mennyisége kevesebb, mint 10%, eloszlása egyenletes. Az olivin az alapanyagban általában bontott, csak néhány üde szemcse fordul elő, ezek összetétele a fenokristályok szegélyéhez hasonló (31-32% fayalit-tartalom). Az alapanyag klinopiroxénjének alumínium- és titán-tartalma nagyobb még az olivin-fenokristályok összetett zárványaiban található klinopiroxénénél is (2,49-4,12 t% TiO_2 , 5,65-9,22 t% Al_2O_3), összetétele élesen különbözik a kéreg-zárvány reakciószegélyében talált klinopiroxéntól. Az alapanyag-plagioklász anortit-tartalma 58-62%, gyakorlatilag megegyezik az olivin-fenokristályokban zárványként megjelenő plagioklászok összetételével.

A két változat petrográfiai és ásványkémiai jellegeinek összehasonlítása:

A 2. változatban fenokristályként csak olivin található (általában bontott, iddingzitesedett formában), mikrofenokristályok nincsenek, az alapanyagot pedig olivin, klinopiroxén, plagioklász, titanomagnetit és kőzetüveg alkotja.

Az 1. változatban ezzel szemben a fenokristályok, mikrofenokristályok között az olivin mellett megtalálható a klinopiroxén is, az alapanyagból hiányzik az olivin, viszont előfordul leucit.

A klinopiroxén összetétele az 1. változatban lényegesen tágabb határok között változik, mint a 2. változatban: különösen alacsony és kiugróan magas titán- és alumínium-tartalmak is megfigyelhetők, mind a fenokristályokban, mind az alapanyagban.

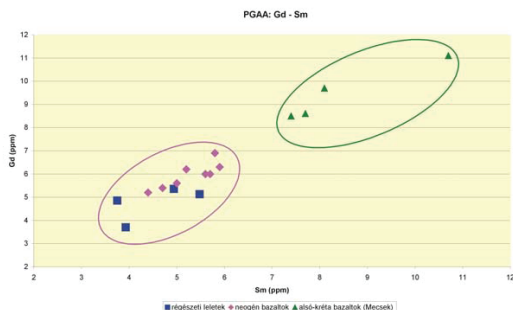
A plagioklász összetétele mindkét változat alapanyagában lényegében azonos, labradoritos.

III.2. Kőzetkémiai elemzések és értelmezésük

PGAA

Már a korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy geológiai lelőhelyekről származó bazaltok esetében PGAA elemzések segítségével elkülöníthetők egymástól a fiatal és idősebb magyarországi bazaltok (a Balaton-felvidéki, nógrádi neogén bazaltok, illetve a mecseki kréta bazaltok: Fűri et al. 2004).

A Fűri Judit és szerzőtársai által közölt diagramokba illesztve a Balatonőszöd–Temetői dűlőn előkerült leletek közül négy reprezentatív bazalt kőeszköz elemzésének eredményeit (**2. táblázat**) látható, hogy a vizsgált minták nyersanyaga a fiatal bazaltok csoportjába esik (**7. ábra**, Péterdi et al. 2011b, melléklet 1-2. ábra).



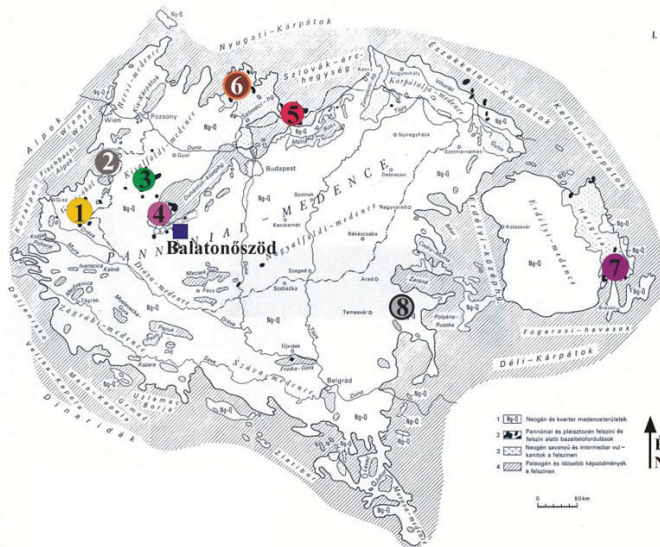
7. ábra

Teljes-kőzet összetétel. Gd-koncentráció a Sm-tartalom függvényében a PGAA-mérési eredmények alapján: bazalt anyagú régészeti leletek (kék négyzetek), neogén bazaltok (rózsaszín rombuszok) (Fűri et al., 2004) és mecseki kréta bazaltok (zöld háromszögek) (Fűri et al., 2004).

ICP-ES, ICP-MS

Ezzel a módszerrel három bazalt anyagú kőeszközből készült elemzés, egy az 1. változatból, kettő a 2. változatból.

A kapott kémiai összetételei adatokat (**3. táblázat**) összehasonlítottam a fiatal bazaltokról a közelmúltban megjelent nagyszámú elemzés adataival (Kurat et al. 1980; Poulitidis & Scharbert 1986; Embey-Isztin et al. 1993; Dobosi et al. 1995; Downes et al. 1995; Harangi et al. 1995; Konečný et al. 1995; Harangi & Lenkey 2007; Kóthay 2009; Jankovics et al. 2009; Kónya 2009; Ali & Ntafllos 2011; valamint Dr Harangi Szabolcs ezidáig publikálatlan mérési adatai, amelyek rendelkezésemre bocsátását ezúton is köszönöm). Az irodalmi adatok a Kárpát-medence különböző területeiről (a Grázi-medencéből, Burgenlandból, a Kisalföldről, a Balaton-felvidékről (ide értve a Bakony és a Keszthelyi-hegység bazaltos vulkánjait is), Nógrádból a Medves-fennsíkról, Közép-Szlovákiából a Selmeci-hegységből, a Persányi-hegységből és bánáti területekről) származó fiatal bazaltok összetételét tartalmazzák (**8. ábra**). Fel kell hívnom a figyelmet, hogy az irodalomban közölt elemzések nem terjednek ki a fiatal bazaltok minden ismert Kárpát-medencei lelőhelyére, néhány lelőhely ezért nem szerepelhet az adatbázisban.



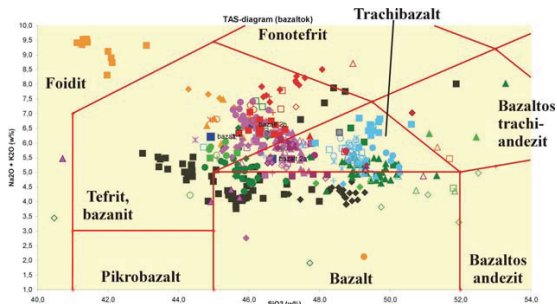
8. ábra

Fiatal bazalt-területek a Kárpát-medencében (Jámbor et al. 1981), módosítva:

A számok az egyes területeket jelzik, amelyekről teljes-kőzet kémiai elemzési adatokat használtam fel: 1. Grázi-medence (Ausztria), 2. Burgenland (Ausztria), 3. Kisalföld, 4. Balaton-felvidék (és Bakony, Keszthelyi-hegység), 5. Nógrád – Medves-fennsík, 6. Közép-Szlovákia (Selmecbányai-hegység) (Szlovákia), 7. Persányi-hegység, (Románia) 8. Bánát (Románia).

Az eredményeket diagramokon ábrázoltam (TAS-diagram; főelemek a SiO_2 -tartalom, illetve egymás függvényében; nyomelemek N-MORB-ra (Pearce & Parkinson 1993) normált értékei; ritkaföldfémek kondritra (Sun & McDonough 1989) normált értékei). A diagramok jelkulcsában az egyes területeket azonos színű jelekkel ábrázoltam. Az áttekinthetőség érdekében a Balaton-felvidéken található lelőhelyeket két csoportra osztottam: egy bázisosabb (48% SiO_2 -tartalom alatt, BF 1) és egy savanyúbb (48% SiO_2 -tartalom felett, BF 2) csoportra. (A két csoport közötti határ megválasztása önkényes, csak az indokolja, hogy a 48% SiO_2 -tartalom nagyjából a Balaton-felvidéki minták SiO_2 -tartalom értéktartományának közepére esik, és ennek az értéknek a környékén ritkábbak a mérési eredmények, mint az alacsonyabb, illetve magasabb értékeknél.) Csak Kapolcs, Kovácsi-hegy, Haláp, Uzsa és Tóti-hegy lelőhelyek elemzési eredményei között vannak „savanyúbb” és „bázisosabb” összetételűek. Ezek a lelőhelyek abba a csoportba kerültek, amelyik csoportba több elemzési adatsoruk tartozik.

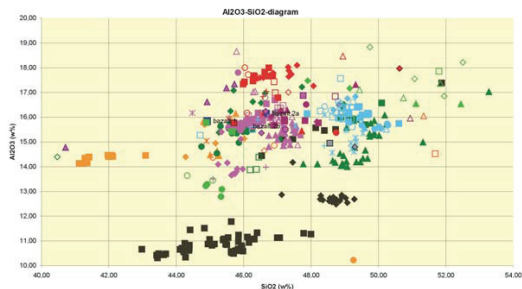
A TAS-diagram (Total Alkali Silica-diagram, **9. ábra**) alapján a régészeti leletek nyersanyaga – a geológiai minták többségéhez hasonlóan - a tefrit-bazánit, illetve a trachibazalt mezőbe esik.



9. ábra
Fent: Teljes-kőzet
összetétel. TAS (Total
Alkali-Silica)-diagram
(bazaltok).
Lent: Jelmagyarázat

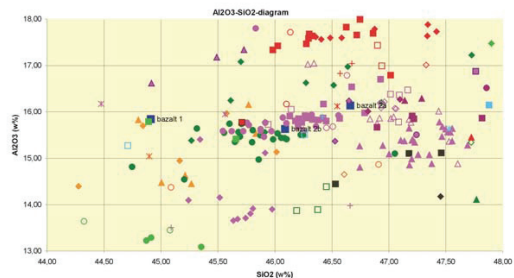
■ bazalt 1	■ bazalt 2a	■ bazalt 2b
■ GM 1 (Stradner Kogel)	■ GM 2 (Steinberg)	■ GM 3 (Klölch)
■ GM 4 (Tobaj)	■ GM 5 (Nemetújvár - Güssing)	■ GM 6 (Grad)
■ GM 7 (Neuhaus)	■ GM 8 (Kapfenstein)	■ GM 9 (Tieschen)
■ BL 1 (Pál-hegy - Pauliberg)	■ BL 2 (Felsőpulya - Oberpullendorf)	■ KA 1 (Somlyó)
■ KA 2 (Kissomlyó)	■ KA 3 (Ság-hegy)	■ KA 4 (Hercseg-hegy - Sitke)
■ KA 5 (Sitke-Gérce)	■ KA 6 (Sitke)	■ BF 1/1 (Sümegprága)
■ BF 1/2 (Bondoró-hegy)	■ BF 1/3 (Diszel - Hajagos)	■ BF 1/4 (Badacsony)
■ BF 1/5 (Hegyvesd)	■ BF 1/6 (Szigliget)	■ BF 1/7 (Gulács)
■ BF 1/8 (Halom-hegy)	■ BF 1/9 (Hegyestű)	■ BF 1/10 (Füzes-tó)
■ BF 1/11 (Csobánc)	■ BF 1/12 (Kapolcs)	■ BF 1/13 (Tihany)
■ BF 1/14 (Sátorma)	■ BF 2/1 (Kovácsi-hegy)	■ BF 2/2 (Agártető)
■ BF 2/3 (Kab-hegy)	■ BF 2/4 (Tormarét)	■ BF 2/5 (Halap)
■ BF 2/6 (Som-hegy)	■ BF 2/7 (Szentgyörgy-hegy)	■ BF 2/8 (Uzsabánya - Uzsa)
■ BF 2/9 (Káptalan-tóti - Tóti-hegy)	■ NM 1 (Eresztvény)	■ NM 2 (Magyarbánya)
■ NM 3 (Nagysalgó)	■ NM 4 (Pécskő)	■ NM 5 (Somoskő)
■ NM 6 (Szilvaskő)	■ NM 7 (Ajánckő)	■ NM 8 (Bárna)
■ NM 9 (Bolgárom - Bulhary)	■ NM 10 (Fülekkovácsi - Filakovské Kováče)	■ NM 11 (Korlati - Konrádovce)
■ KSz 3 (Podrečany)	■ KSz 1 (Selmecbánya - Banská Stiavnica)	■ KSz 2 (Kysihibel)
■ KSz 3 (Dobornya - Dobra Niva)	■ KSz 4 (Magasmar - Brehy)	■ KSz 5 (Ziar)
■ KSz 6 (Vici vrch)	■ KSz 7 (Sibenicny Fm)	■ KSz 8 (Putikov)
■ Phg 1 (Rákos)	■ Phg 2 (Sáromberke - Barc)	■ Phg 3 (Bogata)
■ Phg 4 (Sarata)	■ Phg 5 (Felsőkomana - Comana de Sus)	■ Phg 6 (Olthévíz - Hoghiz)
■ Phg 7 (La Gruia Fintina)	■ Bán 1 (Lukácskő - Lucaret)	■ Bán 2 (Sziklás - Sanovita)

A főelemeket a SiO_2 -tartalom függvényében ábrázoló diagramok azt mutatják, hogy az elemzett bazalt köeszközök jól hasonlítanak néhány geológiai lelőhely bazaltjaira, de egyes lelőhelyek bazaltjaitól jelentősen eltérnek. Ezek alapján a geológiai lelőhelyek jelentős része kizárható a régészeti leletek nyersanyagának lehetséges forrásai közül. Terjedelmi okokból ezen ábrák többségét jelen értekezésben nem szerepeltettem, példaként azonban itt is bemutatok néhány jellemző diagramot (**10-14. ábra**). (A módszer bemutatására alkalmas, bár az adatbázis korábbi állapotát tükröző diagramok minden vizsgált elempár esetében megtekinthetők 2011-ben megjelent cikkünkben (Péterdi et al. 2011b, melléklet 4-23. ábra). A jobb áttekinthetőség érdekében az ábrák között nemcsak a teljes diagramok, hanem a régészeti leletek elemzési eredményeinek környezetére koncentráló “kivágatok” is készültek (**10-12. ábra, lent**, lásd még Péterdi et al. 2011b, melléklet 4-23. ábra).



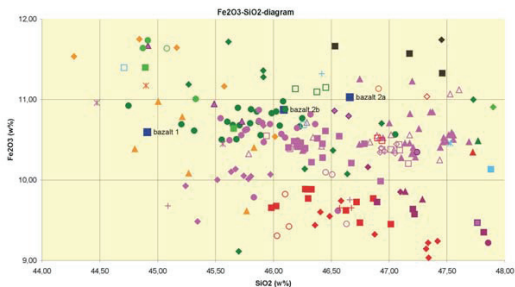
10. ábra

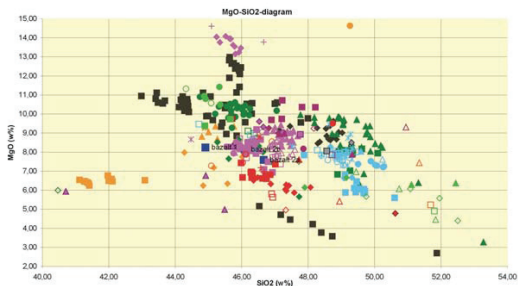
Teljes-kőzet összetétel (bazaltok). Al_2O_3 -koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében. (Jelmagyarázat ld. 9. ábra)



11. ábra

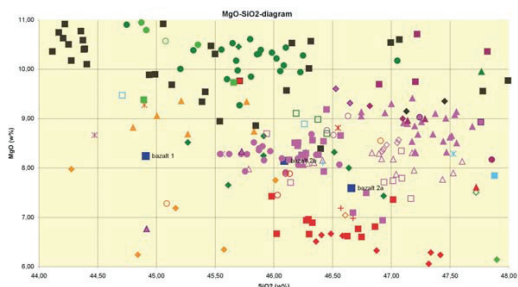
Teljes-kőzet összetétel (bazaltok). Fe_2O_3 -koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében. (Jelmagyarázat ld. 9. ábra)





12. ábra

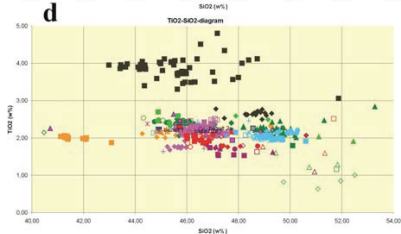
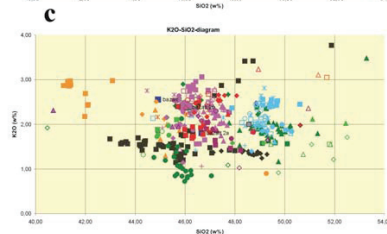
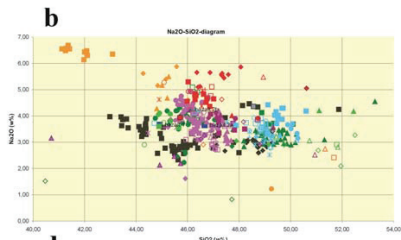
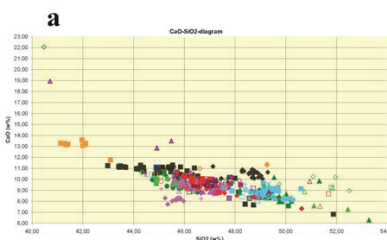
Teljes-kőzet összetétel (bazaltok). MgO-koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében. (Jelmagyarázat ld. 9. ábra)



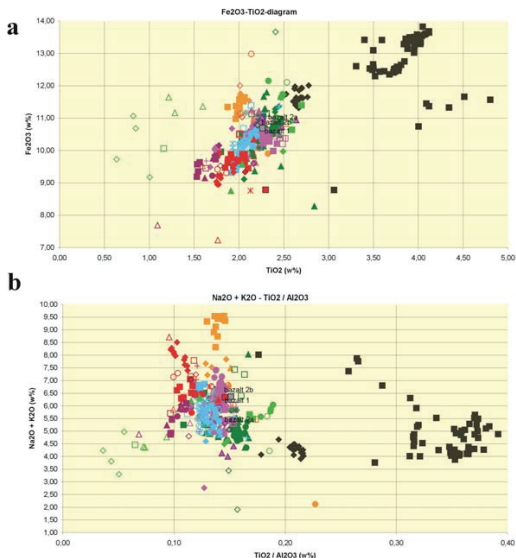
13. ábra

Teljes-kőzet összetétel (bazaltok). (Jelmagyarázat ld. 9. ábra)

- a) CaO-koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében.
- b) Na_2O -koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében.
- c) K_2O -koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében.
- d) TiO_2 -koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében.



Az 5. táblázatban összefoglaltam, hogy az egyes geológiai lelőhelyek mely főelemek mennyisége alapján zárhatóak ki a lehetséges nyersanyag-források közül. A továbbiakban – amennyiben van - csak a lelőhelyek magyar nevét használom.



14. ábra

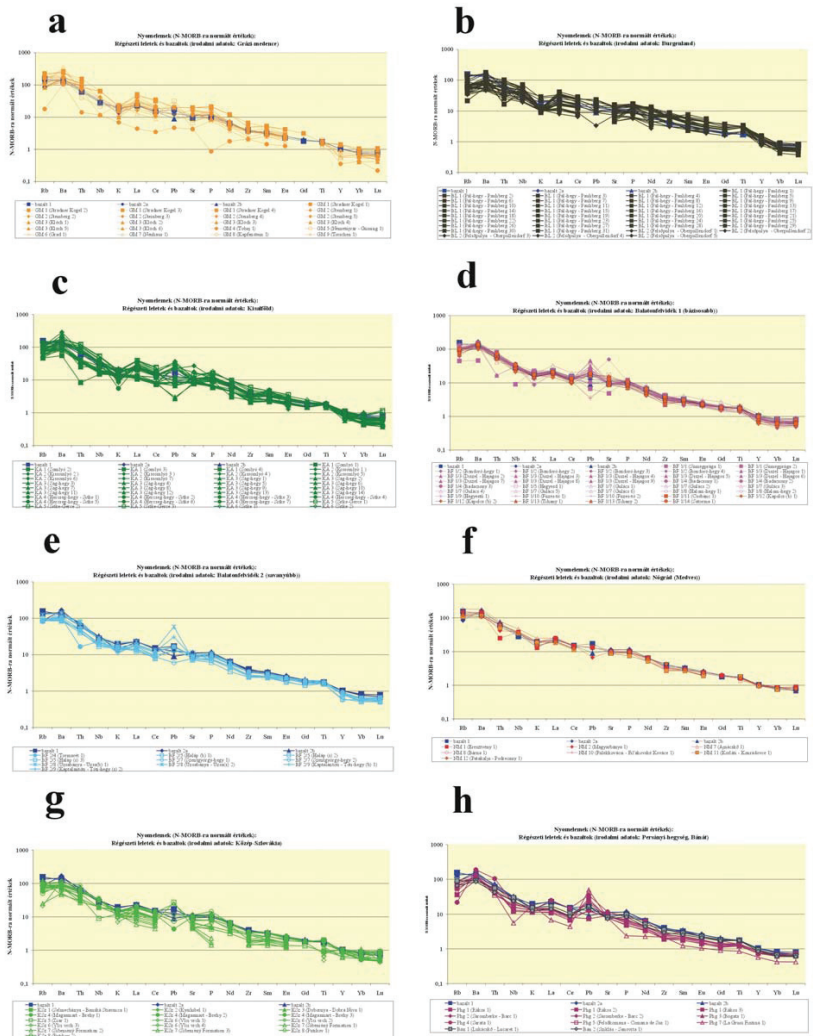
Teljes-kőzet összetétel (bazaltok). (Jelmagyarázat ld. 9. ábra)

a) Fe_2O_3 -koncentráció a TiO_2 -tartalom függvényében.

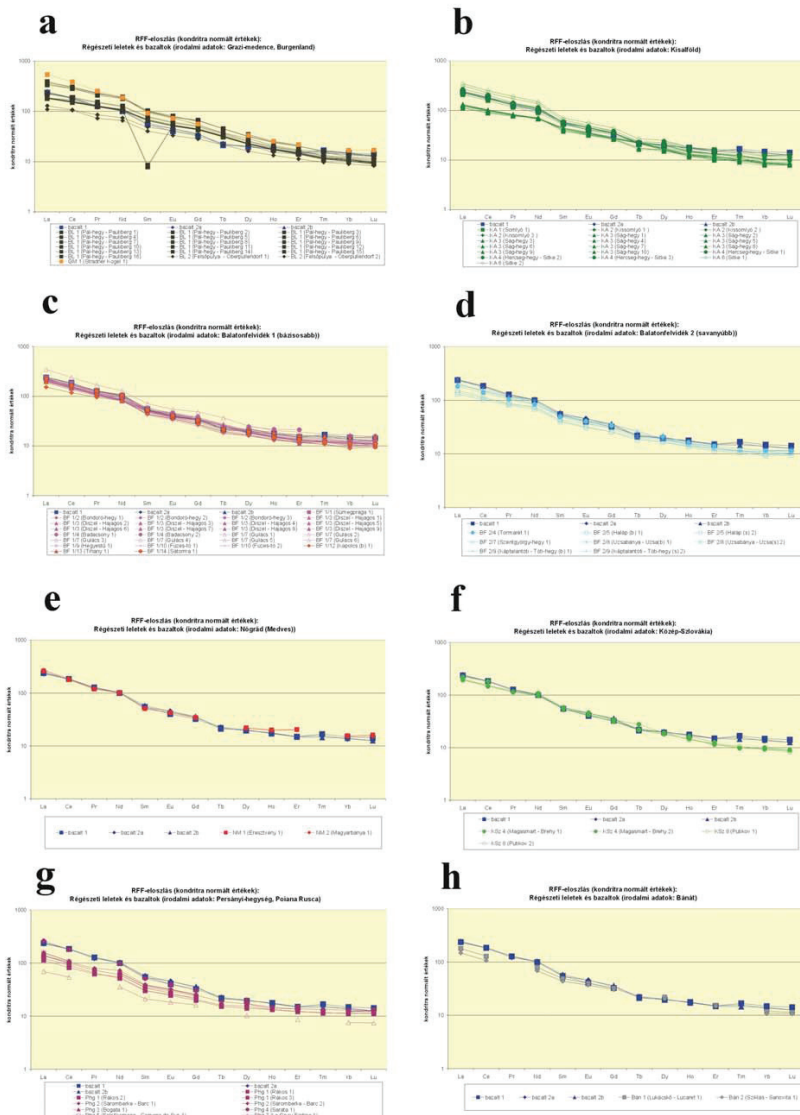
b) $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ -koncentráció (totál alkália-tartalom) a $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalom függvényében.

A főelem-diagramok alapján a régészeti leletek kémiai összetételéhez legközelebb álló geológiai lelőhelyeket a **6. táblázat** tartalmazza. A táblázatban feltüntettem azokat a geológiai lelőhelyeket is, amelyek kizárását bizonytalannak ítéltam (2. csoport a táblázatban).

A rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján elkészítettem a nyomelemek N-MORB-ra (Pearce & Parkinson 1993) normált értékeit ábrázoló (**15. ábra**, lásd még Péterdi et al. 2011b, melléklet 24-29. ábra) és a ritkaföldfémek kondritra (Sun & McDonough 1989) normált értékeit ábrázoló (**16. ábra**, lásd még Péterdi et al. 2011b, melléklet 30-35. ábra) diagramokat. Ezen diagramok alapján látható, hogy a fiatal bazaltok nyomelem- és ritkaföldfém-összetétele egymáshoz nagyon hasonló, a régészeti leletektől nyomelem-tartalom alapján csak az alábbi lelőhelyek mintái térnek el: Stradner Kogel, Tobaj, Németújvár, Neuhaus, Felsőpulya, Kysihibel, Dobornya, Ziar, Vlci vrch, Šibeničny Fm, a Persányi-hegységből minden lelőhely. Ezeket a lelőhelyeket azonban a főelem-összetétel alapján már korábban kizártam a lehetséges nyersanyag-források közül. Ritkaföldfém-tartalomban eltérést mutat még Sághegy, Sitke, Kapolcs, Haláp, Szentgyörgy-hegy. Ezen esetekben a görbe lefutása nagyon hasonló a régészeti leletekéhez, csak kis mértékű mennyiségi eltérés tapasztalható.



15. ábra
Nyomolemek N-MORB-ra (Pearce & Parkinson 1993.) normált értékei: régészeti leletek (bazaltok) és neogén vulkáni területek bazaltjai.



16. ábra
Ritkaföldfémek kondritra (Sun & McDonough 1989.) normált értékei: régészeti leletek (bazaltok) és neogén vulkáni területek bazaltjai.

Többszörös adatelemzés

Mivel a főelem-diagramok értelmezése (a geológiai lelőhelyek kizárása a lehetséges nyersanyagforrások közül) egyes esetekben meglehetősen szubjektív (például a MgO-SiO₂-diagram esetében), valamint igen jelentős mennyiségű kémiai elemzési adat áll rendelkezésre, többszörös adatelemző módszereket is alkalmaztam a teljes adatbázison. Első lépésben hierarchikus klaszteranalízis elvégzésére került sor 434 adatsoron (régészeti leletek és geológiai minták főelem-összetételi adatain). A csoportokat dendrogram alapján jelöltem ki, a csoportosítást diszkriminancia-analízissel ellenőriztük. A csoportosítás helyességét (megfelelőségét) – amely 95,0% volt – az elemző-szoftver által javasolt átsorolások után az ismételt diszkriminancia-analízis tanúsága szerint 99,5%-ra sikerült növelni.

A csoportosítás eredményét a **7. táblázat** tartalmazza. Az egyes lelőhelyek neve mellett zárójelben feltüntettem az adott lelőhely mintáiról készült, a csoportba sorolt elemzések és a teljes csoportosításhoz a lelőhely mintáiról felhasznált elemzések számát is (utóbbi esetben a bázisosabb és savanyúbb minták számát összesítve).

A klaszteranalízis és a diszkriminancia-analízis (**17.a ábra**) alapján a régészeti leleteket is tartalmazó 8-11. csoport nem különül el egymástól kellő mértékben.

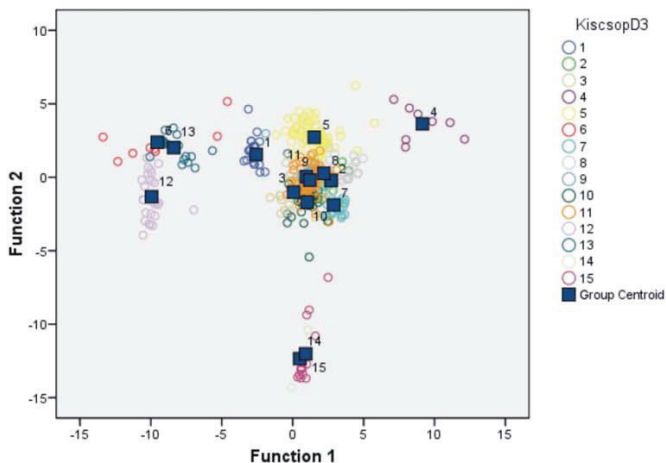
A további pontosítás érdekében a 8-11. csoport elemeire (168 adatsor) is elvégeztük a hierarchikus klaszteranalízist. Többszörös pontosítás (az elemző-szoftver által javasolt átsorolások) után a csoportosítás helyességét (megfelelőségét) a kezdeti 97,6%-ról 99,4%-ra sikerült növelni.

A végleges csoportosítás eredményét a **8. táblázat** tartalmazza. Az egyes lelőhelyek neve mellett zárójelben feltüntettem az adott lelőhely mintáiról készült, a csoportba sorolt elemzések és a teljes csoportosításhoz a lelőhely mintáiról felhasznált elemzések számát is (utóbbi esetben a bázisosabb és savanyúbb minták számát összesítve).

A csoportosítás helyességét (megfelelőségét) leképező diszkriminancia-analízis eredményét a **17.b ábrán** ábrázoltam. Látható, hogy a régészeti leleteket tartalmazó csoportokhoz (1. bazaltváltozat: 10. csoport; 2. bazaltváltozat: 2.csoport) vannak közel eső csoportok (7. csoport (10. csoportéhoz), 5-6. csoport (2. csoportéhoz)), de az elkülönülés jobb, mint a fentebbi, mind a 434 adatsort figyelembe vevő csoportosítás esetében.

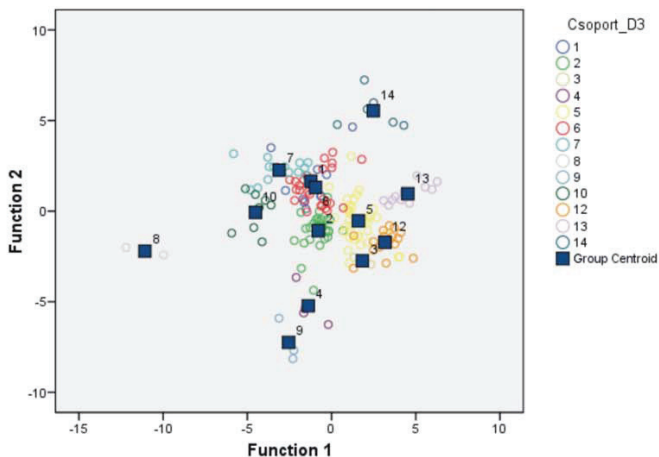
Diszkriminancia-analízis eredménye 434 adatsorra

Canonical Discriminant Functions



Diszkriminancia-analízis eredménye 168 adatsorra

Canonical Discriminant Functions



17. ábra

Diszkriminancia-analízis eredménye (teljes-kőzet kémiai elemzések (bazaltok): főelemek):

- 434 adatsor csoportosítása után. A régészeti leleteket az 8, 10, 11. csoport tartalmazza.
- 168 adatsor csoportosítása után. A régészeti leleteket a 10. és a 2. csoport tartalmazza.

Kőzetkémiai elemzések összefoglalása

A teljes-kőzet kémiai elemzések alapján a régészeti leletek nyersanyagához legközelebb álló geológiai lelőhelyek:

- bazalt, 1. változat: Hegyestű, Kissomlyó és Hercseg-hegy (csak 1 elemzett minta 22 közül).
- bazalt, 2. változat: Badacsony, a Haláp bázisosabb összetételű részei, Sümegprága (Págahegy), Sitke-Gérce, Steinberg, Tieschen és Diszel (Hajagoshegy) (csak 1 elemzett minta 25 közül).

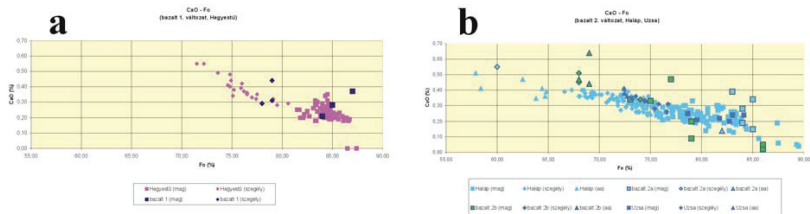
III.3. Ásványkémiai elemzési eredmények értelmezése

A régészeti leletekről készült elektron-mikroszondás elemzések eredményeit összehasonlítottam a fiatal bazaltos kőzetekről készült, irodalomban eddig közölt elemzések eredményeivel. A teljes kémiai elemzések eredményei alapján kiválasztott geológiai lelőhelyek bazaltos kőzeteinek csak egy részéről állnak rendelkezésre ásványkémiai elemzések (Hegyestű, Haláp, Sitke-Gérce (csak olivin-xenokristályok), Steinberg, valamint a többváltozós adatelemzés segítségével kijelölt csoportosítás alapján közeli csoportokból Uzsa; a halápi mérések a savanyúbb kőzetváltozat ásványaiból készültek) Összehasonlításképpen figyelembe vettem egyéb geológiai lelőhelyekről az irodalomban megjelent elemzési eredményeket is (Pál-hegy, Stradner Kogel, Klösch, Kapfenstein, Ság-hegy, Füzes-tó, Bondoró-hegy, Szentgyörgy-hegy, Szigliget (csak olivin-xenokristályok), Szentbékállá (csak olivin-xenokristályok), Eresztvény, Szilváskő, Selmezbánya, Magasmart, Bolgárom, Sáromberke, Rákos, Bogata, Sarata, La Gruia Fintina, Sziklás). (Poultidis & Scharbert 1986; Dobosi 1989; Dobosi et al. 1991; Downes et al. 1995; Embey-Isztin & Dobosi 2007; Sági 2008; Sági et al. 2008; Sági et al. 2010; Kóthay 2009; Jankovics et al. 2009; Jankovics et al. 2010; Ali & Ntaflós 2011).

Olivin a bazaltban

A régészeti leletekről készült elektron-mikroszondás elemzéseket (olivin fenokristályok magjának és szegélyének, köpenyeredetű olivin xenokristályok és az alapanyagban található olivin kristályok összetétele, lásd **Péterdi et al. 2011b: 8. táblázat**) összehasonlítottam a fiatal bazaltok olivinjeinek összetételéről a közelmúltban megjelent elemzések adataival (Dobosi et al. 1991; Downes et al. 1995; Embey-Isztin & Dobosi 2007; Sági 2008; Sági et al. 2008; Sági et al. 2010; Kóthay 2009; Jankovics et al. 2009; Jankovics et al. 2010; Ali & Ntaflós 2011).

Az eredményeket diagramokon ábrázoltam (kalcium-tartalom a forsterit-molekula-tartalom függvényében).



18. ábra

Ásványkémia. Olivinek CaO-tartalma a forsterit-molekula-tartalom függvényében.

a) Régészeti leletek: 1. bazalt-változat; Hegyestű

b) Régészeti leletek: 2. bazalt-változat; Haláp, Uzsa

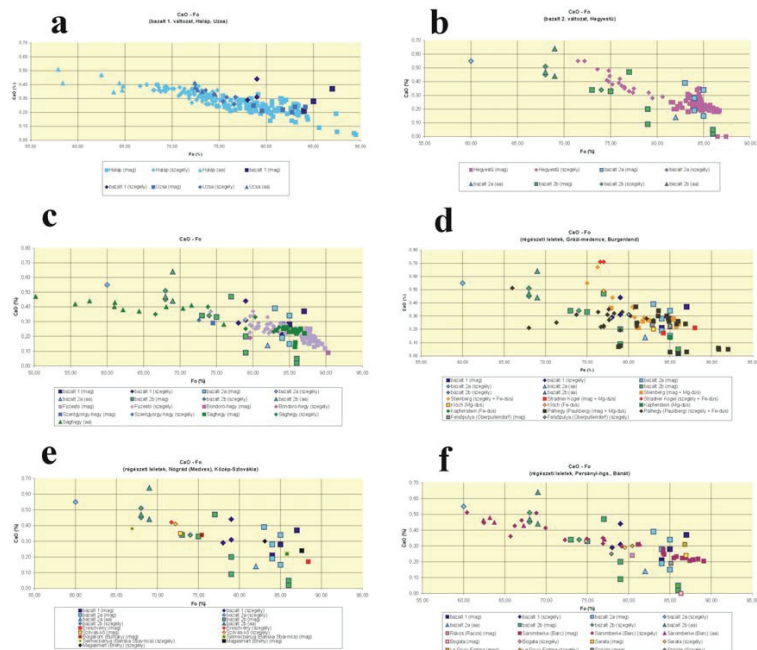
(Jelölések: mag: fenokristály magja, szegély: fenokristály szegélye, aa: alapanyag)

Az első bazalt-változatban található olivin összetétele a Hegyestű bazaltjában előforduló olivin elemzési adataihoz hasonlít a legjobban (mind a magokon, mind a szegélyeken mért összetételek a geológiai mintákon mért értékek tartományába esnek, **18.a ábra**). A Haláp (és Uzsa) olivinjeinek szegélye magnéziumban szegényebb, mint az első bazalt-változat olivinjeinek szegélye, emellett ki kell emelni, hogy a Haláp (és Uzsa, valamint Sáromberke és Ság-hegy) közeteiben – az első bazalt-változattal szemben - az olivin az alapanyagban is megjelenik (**19.a, c, f ábra**).

A második bazalt-változatban található olivinnek összetétele ezzel szemben Haláp olivinjeinek összetételei adataihoz hasonlít a legjobban, igaz, a hasonlóság kevésbé áll fenn, mint az első típus és Hegyestű esetében (a régészeti leletek olivinjeinek CaO-tartalma magasabb, különösen a szemcsék szegélyén és az alapanyagban). Uzsa, Sághegy, és Sáromberke olivinjeinek összetétele is jó egyezést mutat a második bazalt-változat eredményeivel (**18.b és 19.b, c, f ábra**). A többi elemzett geológiai lelőhelyen – a második bazalt-változattal szemben – az olivin nem jelenik meg az alapanyagban.

A Balaton-felvidék további lelőhelyeinek elemzési értékei közül (**19.c ábra**) Füzes-tó és Bondoró-hegy olivinjeinek magnézium-tartalma nagyobb, mint a régészeti leletek nyersanyagában, a Szentgyörgy-hegyi olvineké pedig kisebb.

A steinbergi olivin-magok és -szegélyek összetétele nagyon hasonlít az első bazalt-változat olivinjeihez, forsterit-tartalom alapján azonban a magok és szegélyek nem különülnek el olyan élesen egymástól, mint az első bazalt-változat olivinjei (és a hegyestűi, halápi olivinnek) esetében (**19.d ábra**).



19. ábra

Ásványkémia. Olivinek CaO-tartalma a forsterit-molekula-tartalom függvényében.

- a) Régészeti leletek: 1. bazalt-változat; Haláp, Úzsa
 - b) Régészeti leletek: 2. bazalt-változat; Hegyestű
 - c) Régészeti leletek; Balatonfelvidék egyéb lelőhelyei, Kisalföld
 - d) Régészeti leletek; Grázi-medence, Burgenland
 - e) Régészeti leletek; Nógrád (Medves), Közép-Szlovákia
 - f) Régészeti leletek; Persányi-hegység, Bánát
- (Jelölések: mag: fenokristály magja, szegély: fenokristály szegélye, aa: alacsony)

Stradner Kogel, Klösch és Kapfenstein lelőhelyekről az adatok a magnéziumban, illetve vasban leggazdagabb mért olivinek összetételét jelzik, ezek alapján mindhárom lelőhely olivinjei igen közel állnak az első bazaltvázolat olivinjeihez (19.d ábra). Meg kell jegyezni, hogy régebbi irodalomban (Poultidis & Scharbert 1986) Klösch lelőhely közeiben az olivin-fenokristályok forsterit-molekula-tartalmát szűkebb tartományban (Fo₇₅₋₇₇) mérték. Pál-hegy olivinjeinek összetétele változatos, de mind a magok, mind a szegélyek között sok, az első bazalt-vázolat olivinjeihez hasonló található, azonban a magok és szegélyek Steinberghez hasonlóan nem különülnek el élesen a forsterit-tartalom alapján (19.d ábra). Felsőpulya lelőhely olivinjei igen közel állnak az első bazaltvázolat olivinjeihez (19.d ábra).

Eresztvény, Szilvás-kő, Bolgárom, Selmezbánya, Magasmart, Bogata, Sarata, La Gruia Fintina, Sziklás lelőhelyekről csak egy-egy reprezentatív mag és szegély-összetétel állt rendelkezésre (19.e, f ábra). Ezek alapján ezek a lelőhelyek – az olivin összetétele alapján - nem zárhatók ki a nyersanyagforrások közül, azonban ezeket a lelőhelyeket a teljes-kőzet összetételük alapján már korábban kizártam (ld. az 5-8. táblázatot).

Klinopiroxén a bazaltban

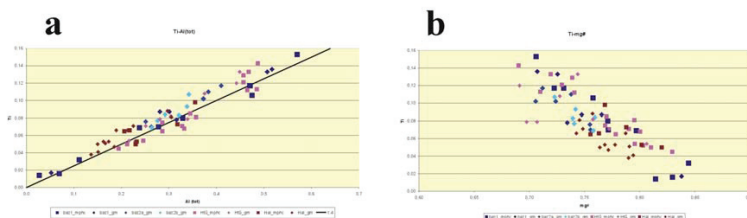
A régészeti leletekről készült elektron-mikroszondás elemzéseket (klinopiroxén fenokristályok és az alapanyagban található klinopiroxén kristályok összetétele, Péterdi et al. 2011b: 9. táblázat) szintén összehasonlítottam a fiatal bazaltok klinopiroxénjeinek összetételével, a közelmúltban megjelent irodalomban szereplő elemzések adatai alapján (Dobosi 1989; Dobosi et al. 1991; Kóthay 2009; Jankovics et al. 2009).

A régészeti leletek anyagában a klinopiroxén csoportot csak titánaugit-kristályok képviselik az alapanyagban (valamint az első bazalt-változatban mikrofenokristályként is titánaugit fordul csak elő).

A klinopiroxének legfontosabb jellemzőit az alábbiakban foglalom össze:

A régészeti leletek anyagában (első és második bazalt-változat) előforduló klinopiroxének TiO_2 -tartalma 0,52-5,32 % között, Al_2O_3 -tartalma 0,63-12,62 % között változik.

Mindkét bazalt-változat klinopiroxénjeinek titán-alumínium-arányai jól illeszkednek az 1:4 egyenesre (20.a ábra). Ez az arány jellemző a Balaton-felvidéki bazaltokban megjelenő titánaugit-kristályokra (Dobosi 1989), és a Grazi-medence bazaltjainak alapanyagában és mikrofenokristályként megjelenő klinopiroxénekre (Dobosi et al. 1991). A nógrádi bazaltok titánaugitjai között az 1:4-aránynál kisebb értékek is nagy számban megfigyelhetők, egészen 1:8-arányig (Dobosi 1989), a Pál-hegy bazaltjaiban pedig magasabb (1:3, 1:2) arány jellemző (Dobosi et al. 1991, Ali & Ntaflou 2011).



20. ábra

Ásványkémia. (Régészeti leletek (bazaltok); Hegyestű, Haláp)

a) Titánaugitok Ti-tartalma az Al-tartalom függvényében. b) Titánaugitok Ti-tartalma a mg# függvényében. (Jelölések: mpc: fenokristály, mikrofenokristály, gm: alapanyag)

A régészeti leletek klinopiroxénjeinek magnézium-száma (0,71-0,84) is a Pannon-medence fiatal bazaltjaira jellemző tartományba (0,69-0,86: Dobosi 1989) esik, és ezekhez ugyancsak hasonlóan a titán-, illetve alumínium-tartalom növekedésével a magnézium-szám csökken (Dobosi 1989; Dobosi et al. 1991) **(20.b ábra)**.

A zónás mikrofenokristályokban a magtól a külső zónák felé az alumínium-, titán- és vastartalom növekszik, míg a szilícium- és magnézium-tartalom csökken, csakúgy, mint a Balaton-felvidéki bazaltokban általában (Dobosi 1989). Az Al^{VI}/Al^{IV} -arány a vizsgálat minták klinopiroxénjeiben uralkodóan 0,06-0,40 között változik (mindössze egy mikrofenokristály mutat 0,82-es arányt), az átlagérték 0,20 (a kiugró érték figyelembe vételével 0,22). Ezek az értékek egybeesnek a Balaton-felvidéki bazaltok piroxénjeire jellemző Al^{VI}/Al^{IV} értékekkel (arány: 0,04-0,57 között, átlag: 0,29: Dobosi 1989). A nógrádi bazaltokra jellemző Al^{VI}/Al^{IV} értékek magasabbak (arány: 0,40-1,02 között, átlag: 0,60: Dobosi 1989), a Grázi-medence és Pál-hegy bazaltjaira azonban a Balaton-felvidékihez hasonló, alacsony értékek a jellemzőek, kivéve Stradner Kogel lelőhelyet, ahol a nógrádi bazaltoknál is magasabb értékek jellemzőek (Dobosi et al. 1991).

A klinopiroxének összetétele alapján tehát a régészeti leletek nyersanyaga a Balaton-felvidéki és a Grázi-medencei bazaltok közül is kikerülhetett. A nógrádi és burgenlandi vizsgált lelőhelyek (és a Grázi-medencéből Stradner Kogel) klinopiroxénjeinek összetétele eltér a régészeti leletekben mért értékektől. Az egyes Balaton-felvidéki, illetve Grázi-medencei lelőhelyek között azonban a klinopiroxének összetétele alapján nem tudtam a régészeti leletek nyersanyag-eredete szempontjából további különbséget tenni.

Földpátok a bazaltban

A régészeti leletek anyagát adó bazalt-változatokban az alapanyag plagioklászainak összetétele egymáshoz nagyon hasonló (1. változat: $An_{56}-An_{66}$; 2. változat: $An_{58}-An_{62}$).

A geológiai minták közül a hegyestűi bazalt alapanyagában a plagioklászok valamivel ($An_{62}-An_{69}$), a mikrofenokristályként megjelenő földpátok még inkább ($An_{71}-An_{72}$) bázisosabbak (Kóthay 2009), mint az elemzett régészeti leleteké.

Ugyancsak bázisosabbak a Prága-hegy (Sümeprága) felsőbb részein megjelenő, durvább szemcséjű bazalt alapanyagának plagioklászai (An_{60-75}), valamint a Sarvaly-hegy (Sümeprága) bazaltjának alapanyagában megjelenő, labradoritos-bytownitos plagioklászok (An_{60-74}) (Jugovics 1959b).

A Haláp savanyúbb összetételű bazaltjain végzett mérések alapján az alapanyagban megjelenő plagioklászok összetétele változatosabb ($An_{42}-An_{95}$, a két kiugró értéket (1-1 db mérés) elhagyva: $An_{46}-An_{65}$) (Kóthay 2009).

A Füzes-tói bazaltok plagioklászaira a régészeti leletek anyagához hasonló összetétel jellemző ($An_{62}-An_{65}$) (Jankovics et al. 2009).

A steinbergi bazalt-minták alapanyagában a plagioklászok összetétele a halápiakéhoz hasonló, szélesebb tartományban mozog ($An_{46}-An_{76}$). (Dobosi et al. 1991)

A klóchi nefelinbazanit alapanyagában megjelenő plagioklász labradoritos összetételű ($An_{54}-An_{60}$) (Poultidis & Scharbert 1986).

Pál-hegy vizsgált bazaltjaiban a plagioklászok összetétele változatos, a régészeti leletek anyagában megjelenő plagioklászoknál lényegesen savanyúbb kristályok is megjelennek ($An_{17}-An_{65}$) (Dobosi et al. 1991, Ali & Ntaflós 2011).

Felsőpulya bazaltjaiban a plagioklászok összetétele a Pál-hegyiekhez hasonló tartományban változik ($An_{26}-An_{60}$) (Ali & Ntaflós 2011).

A Ság-hegyi plagioklászok összetétele a régészeti leletek anyagában megjelenő plagioklászokénál savanyúbb ($An_{40}-An_{53}$). (Mauritz & Harwood 1937).

A Persányi-hegység és a Bánát lelőhelyeinek zónás plagioklász-kristályai közül csak egy-egy reprezentatív mag és szegély-összetétel állt rendelkezésre: Rákos (mag – An_{74} , szegély – An_{68}), Bogata (mag – An_{65} , szegély – An_{64}), Sarata (mag – An_{60} , szegély – An_{68}), Sziklás (mag – An_{55} , szegély – An_{51}). La Gruia Fintina bazaltjának alapanyagában a reprezentatív plagioklász-összetétel: An_{66} .

Káliföldpát a régészeti leletek nyersanyagában csak a kéreg-zárvány körüli reakció-szegélyben jelenik meg ($An_1Ab_{30}Or_{69}$), az alapanyagban nem.

A Balaton-felvidék bazaltos kőzeteiből szanidint írtak le a Szebikéről (plagioklászra növekedett szanidin-burok; Mauritz 1948), és a Badacsonyból („repedésekben, morzsás tömegekben”: Mauritz 1948).

Vitális „nátronmikroklint vagy nátronortoklász” írt le az alábbi, az általa felállított csoportosításban a „magnetites ilmenites nefelines bazanitoid” csoportba sorolt lelőhelyeken: Szigliget, Hegyes, Csobánc, Köves-hegy, Bondoró-hegy, Királykő-Fekete-hegy északi része (a Kecske-hegy és a Kálomis-tó vidéke), Tátika-Lázi csoport, Fertős-hegy, Szebike alja, Tátika alja, Sümeprága (bazaltbánya), Sarvaly-hegy, Szentgyörgy-hegy (Apáti felé néző része), Tóti-hegy (Káptalan-tóti), Tik-hegy, Oláh-hegy, Nyíres, Somlyó északi része, valamint a Balaton déli partján Fonyód (Vitális 1904).

A Kisalföldről a Ság-hegy kőzeteiből az alapanyag plagioklászeit „burkoló” szanidint, valamint anortoklászt írtak le (Mauritz & Harwood 1937).

A Grazi-medence bazaltjai között a steinbergi és klöchi kőzetekben mutattak ki az alapanyagban káliföldpátokat: anortoklászt ($\text{Ab}_{56}\text{Or}_{39}\text{An}_5$) és szanidint ($\text{Ab}_{32}\text{Or}_{64}\text{An}_4$) a steinbergi nefelinitben (Poultidis & Scharbert 1986); $\text{Ab}_{60}\text{Or}_{40}$ - $\text{Ab}_{50}\text{Or}_{50}$ -összetételű káliföldpátokat a steinbergi nefelinbazanitban (Dobosi et al. 1991); szanidint a klöchi nefelinbazanitban (Poultidis & Scharbert 1986).

Burgenlandban a Pál-hegy kőzeteiben a szanidin önállóan és plagioklászt “burkolva” is megjelenik, valamint plagioklással és/vagy szanidinnel összeöntött anortoklász is előfordul (Mauritz 1948), új mérések alapján a káliföldpátok összetétele Or_{13-68} (Ali & Ntaflós 2011). Felsőpulya kőzeteiben a káliföldpátok összetétele Or_{31-43} (Ali & Ntaflós 2011).

Leucit a bazaltban

Az első bazalt-változat alapanyagában előforduló leucit összetétele (K_2O (m%): 20,64-20,98; Al_2O_3 (m%): 23,02-23,62; SiO_2 (m%): 54,24-56,11) igen közel áll az ideális leucit-összetételhez (Kubovics 1993). Ezzel gyakorlatilag megegyező összetételű leucit-szemcsék találhatók a Hegyestű bazaltjának alapanyagában is (K_2O (m%): 19,61-21,50; Al_2O_3 (m%): 22,75-23,57; SiO_2 (m%): 54,82-55,78) (Kóthay 2009). Az egyetlen apró különbség az, hogy míg a hegyestűi leucitba igen kis mennyiségben vas és nátrium épült be (Kóthay 2009), addig a régészeti leletek anyagában található leucitban a vas és nátrium mellett szintén igen kis mennyiségben (0,10-0,49 % CaO) kalcium is kimutatható volt (meg kell jegyeznem, hogy Kóthay nem mérte a leucit kalcium-tartalmát: Kóthay 2009).

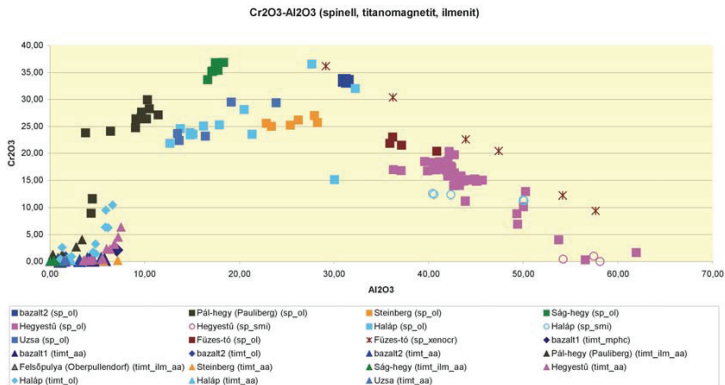
Nagyon hasonló összetételű leucit (K_2O (m%): 20,5-20,8; Al_2O_3 (m%): 23,1-23,7; SiO_2 (m%): 55,0-55,5) található a Pál-hegy bazaltjában is (igen kis vas-, kalcium- és nátrium-tartalommal) (Ali & Ntaflós 2011).

Irodalmi leírások szerint leucit előfordul a Somló (Mauritz 1948) és a Badacsony bazaltjában is („üvegszerű alapanyag módjára tölti ki a hézagokat”: Mauritz 1948), Fenyvestetőn üregkitöltő-ásványként (Mauritz 1948), ezek modern, elektron-mikroszondás elemzése azonban eddig még nem történt meg.

Spinell a bazaltban

A második bazalt-változat olivin-xenokristályában zárványként megjelenő króm-spinell összetétele leginkább a halápi bazaltban néhány olivin-kristályban zárványként megjelenő

spinell és a Füzese-tői bazaltban néhány xenokristályként megjelenő spinell összetételére hasonlít (21. ábra, lásd még Péterdi et al. 2011, melléklet 50–53. ábra).



21. ábra

Ásványkémia. Spinellek, titanomagnetitek, ilmenitek Cr_2O_3 -tartalma az Al_2O_3 -tartalom függvényében. (Régészeti leletek (bazaltok), geológiai lelőhelyek) (Jelölések: sp_ol: spinell zárvány olivinben, sp_smi: spinell szilikát-olvadék zárványban, sp_xenocr: spinell olivin xenokristályban, timt_mphc: titanomagnetit mikrofénokristály, timt_aa: titanomagnetit az alapanyagban, timt_ol: titanomagnetit zárvány olivinben, timt_ilm_aa: titanomagnetit és ilmenit az alapanyagban)

A halápi bazalt olivin-kristályaiban zárványként megjelenő spinellek összetétele változatos, (Kóthay 2009), csakúgy, mint a Füzese-tői bazalt spinell-xenokristályainak összetétele (Jankovics et al. 2009).

Az uzsai bazaltban olivin-kristály zárványaként megjelenő spinellek összetétele a halápi hasonló helyzetben megjelenő spinellek változatos összetételi tartományában mozog, króm-, magnézium- és alumínium-tartalmuk alacsonyabb, mint a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékek (Sági 2008; Kóthay 2009).

A hegyestűi bazaltban olivin-kristályban zárványként megjelenő spinellek összetétele szintén változatos, de króm-tartalmuk alacsonyabb, alumínium-tartalmuk magasabb, mint a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékek (Kóthay 2009). A Füzese-tői bazalt spinell-xenokristályainak összetétele is hasonló tartományban változik, és a füzese-tői bazalt olivin-kristályaiban zárványként megjelenő spinellek összetétele is a hegyestűi hasonló megjelenésű spinellek összetételi tartományába esik (Jankovics et al. 2009).

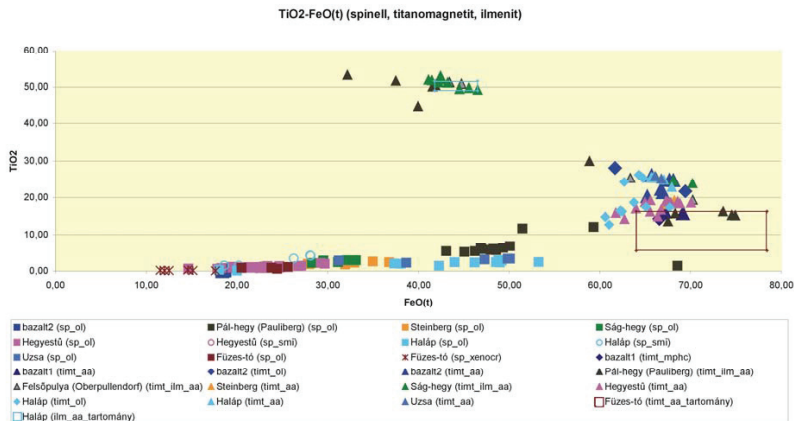
A Pál-hegyi spinell-zárványok magnézium- és alumínium-tartalma alacsonyabb, vas-tartalma magasabb, mint a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékek (Sági 2008, Ali & Ntaflor 2011).

A steinbergi spinell-zárványok króm-tartalma alacsonyabb, vas-tartalma magasabb, mint a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékek, míg az alumínium- és magnézium-tartalom egyes esetekben megközelíti a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékeket (Sági 2008).

A Ság-hegyi spinell-zárványok alumínium- és magnézium-tartalma alacsonyabb, vas-tartalma magasabb, mint a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékek (Sági 2008).

Opak ásványok (titanomagnetit, magnetit, ilmenit) a bazaltban

Opak ásványszemcsék változatos méretben és szöveti helyzetben találhatók a régészeti leletek és a geológiai lelőhelyekről származó minták anyagában. A régészeti leletek nyersanyagában mikrofenkristályként (első bazalt-változat), olivinben önálló zárványként és összetett zárvány részeként (második bazalt-változat), valamint az alapanyagban (mindkét bazalt-változat) megtalálhatók titanomagnetit-kristályok. Összetételük nagyon hasonló (22. ábra), bár az első bazalt-változat opak-szemcséinek titán-tartalma alacsonyabb, magnézium-tartalma magasabb a második-változat opak-szemcséinek megfelelő értékeinél, és az első változat mikrofenkristályában a króm-tartalom is meghaladja a 2%-ot (szemben a többi titanomagnetit 0,7% alatti értékeivel).



22. ábra

Ásványkémia. Spinellek, titanomagnetitek, ilmenitek TiO₂-tartalma az FeO-tartalom függvényében. (Régészeti leletek (bazaltok), geológiai lelőhelyek) (Jelölések: sp_ol: spinell zárvány olivinben, sp_smi: spinell szilikát-olvadék zárványban, sp_xenocr: spinell olivin xenokristályban, timt_mphc: titanomagnetit mikrofenkristály, timt_aa: titanomagnetit az alapanyagban, timt_ol: titanomagnetit zárvány olivinben, timt_ilm_aa: titanomagnetit és ilmenit az alapanyagban)

Hasonló összetételű titanomagnetitek megtalálhatóak az összes fentebb már említett geológiai lelőhely alapanyagában (Sági 2008; Kóthay 2009; Jankovics et al. 2009), egyetlen kivétel a Pál-hegy, amely esetében az alapanyag titanomagnetitjeinek vas-tartalma változatosabb (Sági 2008, Ali & Ntaflós 2011). Ugyancsak hasonló összetételű titanomagnetitek a halápi bazaltban olivin zárványaként is megjelennek (csakúgy, mint a régészeti leletek nyersanyagának második változatában: Kóthay 2009).

A Füzes-tói bazalt alapanyagában magnetit (FeO : 80,42-81,25%, TiO_2 : 0,35-0,53%) is előfordul (Jankovics et al. 2009).

Haláp, Ság-hegy, Pál-hegy és Felsőpulya bazaltjának alapanyagában pedig a titanomagnetit mellett ilmenit is előfordul (TiO_2 : 49,09-51,65% Haláp (Kóthay 2009); 49,35-52,98% Ság-hegy (Sági 2008); 45,0-53,3% Pál-hegy (Sági 2008, Ali & Ntaflós 2011); 50,9-51,3% Felsőpulya (Ali & Ntaflós 2011)).

Xenolitok a bazaltban

Köpeny-eredetű olivin-xenokristályok (valamint ortopiroxén- és spinell-xenokristályok), ezen kívül kéregeredetű kvarcit zárványok több lelőhelyen is előfordulnak (pl. Badacsony (Mauritz 1948), Füzes-tó (Jankovics et al. 2009), Hajagos/Diszel (Mauritz 1958), Haláp (Mauritz 1937, 1958; Kóthay 2009), Hegyestű (Kóthay 2009), Kálomis-tó környéke (Királykő-Fekete-hegy északi része) (Vitális 1904), Kovácsi-hegy (Mauritz 1931), Ság-hegy (Mauritz & Harwood 1937; Sági 2008), Sátormál (Vitális 1904), Szentgyörgy-hegy (Kónya 2009), Uzsa (Mauritz 1958; Sági 2008))

Kéreg-eredetű kvarcit-zárványok reakciókoronáját a Bárna közelében található Nagykő (Nógrád) és Hegyestű (Balaton-felvidék) lelőhelyek bazaltjaiban vizsgálták részletesen. A nógrádi lelőhelyre jellemző, hogy a xenolitok reakció-koronája diopszid-kristályokból (és alárendelt mennyiségű kőzetüvegből) áll, míg a hegyestűi xenolitok reakciókoronájában elkülöníthető egy kőzetüveg- és egy klinopiroxén-zóna. Egyik lelőhelyen sem tartalmaznak a reakciókoronák kálicsódámpátot (Kovács et al. 2003; Kóthay 2009).

III.4. További diszkusszió (ásványos összetétel és szövet)

Az alábbiakban az ásványkémiai fejezetben részletesen elemzett geológiai lelőhelyekről származó bazaltok rövid mikroszkópikus (ásványos összetételi, illetve szöveti) leírásait gyűjtöttem egybe, kiegészítve azon geológiai lelőhelyek bazaltjainak leírásaival, amelyekről nem álltak rendelkezésre részletes ásványkémiai elemzések, de teljes-kőzet-összetétel alapján a régészeti leletek nyersanyagaként szóba jöhetnek. Terjedelmi okokból a lelőhelyek

többségénél igyekeztem csak a geológiai lelőhelyekről származó bazaltos kőzetek ásványos összetételében és szövetében a régészeti leletek nyersanyagához képest fennálló különbségekre kitérni (a hasonlóságokra tehát – pl. iddingzitesedett szegélyű olivin-fenokristályok – itt nem térek ki).

A rendelkezésre álló polarizációs mikroszkópos leírások alapján a hegyestűi bazalt szöveti képe nagyon hasonló az első bazalt-változathoz:

- a fenokristályok nagy része olivin, méretük és megjelenésük (0,2-1 mm-es átlagméret, egyes szemcsék elérhetik a 3 mm-t is, nagy részük idiomorf, általában önállóan jelennek meg, de kumulátumok is előfordulnak) megegyezik az első bazalt-változat olivinjeivel,
- fenokristályként megjelenik klinopiroxén is, de mérete kisebb mint az olivin-fenokristályoké (legfeljebb 1 mm), idiomorf, hipidiomorf megjelenésű, összetétele alapján titánaugit,
- az alpanyagban plagioklász, klinopiroxén és opakásványok (titanomagnetit) mellett leucit (és alárendelt mennyiségben apatit) is megjelenik. (Kóthay 2009)

A halápi bazalt szöveti képe nagyon hasonló a második bazalt-változathoz:

- fenokristályként szinte csak olivin kristályok találhatók, méretük és megjelenésük (0,2-1,5 mm-es átlagméret, egyes szemcsék elérhetik a 4 mm-t is, idiomorf, hipidiomorf megjelenésűek, általában önállóan jelennek meg, de kumulátumok is előfordulnak) megegyezik a második bazalt-változat olivinjeivel,
- az alpanyagban plagioklász és klinopiroxén mellett kevés olivin, sok opakásvány (magnetit, titanomagnetit, kevés ilmenit) jelenik meg.

Fontos eltérés az ilmenit jelenléte (Vitalis 1904; Kóthay 2009), és az, hogy a halápi minták alapanyaga teljesen kristályos, míg a második bazalt-változat alapanyaga kevés (kevesebb, mint 10%) kőzetüveget is tartalmaz.(Jugovics 1959a; Kóthay 2009). A halápi savanyúbb összetételű bazalt teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Uzsa szöveti kép és ásványos összetétel (Sági 2008) alapján nem, de teljes-kőzet-összetétel és ásványkémiai elemzés alapján kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Stradner Kogel: a kőzet fenokristályként klinopiroxént tartalmaz, mikrofenokristályként klinopiroxént és nefelint (Dobosi et al. 1991). Alapanyagában klinopiroxén mellett nefelin, hatüyn és opakásványok vannak jelen (Poultidis & Scharbert 1986). Nemcsak petrográfiailag, hanem teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Steinberg (nefelinbazanit): a fenokristályok között olivin és klinopiroxén is megjelenik, utóbbiak mérete megegyezik az olivinekével. Mikrofenokristályként klinopiroxén és plagioklász is megjelenik. Holokristályos alapanyagában klinopiroxén, plagioklász és

opakásványok mellett nefelin és káliföldpát is található (Poultidis & Scharbert 1986; Dobosi et al. 1991; Sági 2008). Főként petrográfiai jellemzői alapján (nefelin jelenléte) zárható ki a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Steinberg (nefelinit): a fenokristályok között klinopiroxén és olivin is megjelenik, az alapanyagban klinopiroxén, nefelin, káliföldpát és opakásványok vannak jelen (Poultidis & Scharbert 1986). Főként petrográfiai jellemzői alapján (nefelin jelenléte) zárható ki a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Klöch: a fenokristályok között olivin és klinopiroxén is megjelenik, a klinopiroxén-kristályok mérete megegyezik, sőt meghaladja az olivinekét, a nagyméretű klinopiroxén-kristályok magja korrodált (Dobosi et al. 1991). Alapanyagában nefelin, analcim és káliföldpát (szanidin) is megjelenik (Poultidis & Scharbert 1986). Nemcsak az ásványos összetétel, hanem teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Kapfenstein: hólyagüreges, vitrofiros szövet, a fenokristályok között olivin, klinopiroxén és plagioklász jelenik meg, mikrofeno-kristályként (10-40 µm) klinopiroxén (Kurat et al. 1980; Dobosi et al. 1991). A többi lelőhelyhez képest nagyon kevés adat áll rendelkezésre (mindössze egy magnézium- és egy vasdús olivin-szélsőértékkel rendelkezünk, egyéb ásványkémiai adat, teljes kőzet kémiai elemzés nem áll rendelkezésre), ezért csak szöveti képe alapján zárható ki a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Pál-hegy: a fenokristályok között szinte csak olivin jelenik meg, méretük nem haladja meg az 1 mm-t. A fenokristályok szegélye gyakran rezorbeált. Az olivin fenokristályok szegélyén néhol kis mennyiségű biotit (illetve flogopit) is megjelenik. Opakásványok mikrofeno-kristályként is megjelennek, olivin-, klinopiroxén- és néhol földpát-zárványokkal. Az alapanyagban titanomagnetit mellett ilmenit is megjelenik. A földpátpótlók közül nem csak analcimit, hanem nefelint is tartalmaz. (Dobosi et al. 1991; Sági 2008, Ali & Ntaflou 2011) Meg kell jegyezni, hogy korábbi irodalomban közölt mikroszkópos leírás alapján uralkodó elegyrész a plagioklász (akár 3 mm-es fenokristályok is) és a barna augit, valamint önálló kristályként és plagioklász körülvé "burokként" is megjelenik szanidin, valamint plagioklással és/vagy szanidinnel összenőtt anortoklász. Ritkán nefelin is előfordul. Igen ritkán biotit és amfibol, valamint analcim (főként földpátban zárványként) is található a kőzetben (Mauritz 1948). Az eltérő ásványos összetétel mellett a teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Felsőpulya: Ilmenit- és káliföldpát-tartalma alapján kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Ság-hegy: a fenokristályok között szinte csak olivin jelenik meg. A fenokristályok szegélye gyakran rezorbeált. Nagyon kis mennyiségben biotit és káliföldpát is megjelenik az alapanyagban. Az alapanyagban titanomagnetit mellett ilmenit is megjelenik. (Sági 2008) Meg kell jegyezni, hogy korábbi irodalomban közölt mikroszkópos leírás alapján a Ság-hegy kőzetének „jellemző elegrésze a biotit” és a plagioklászok gyakran szanidin-burokban vannak, valamint anortoklász is előfordul a kőzetben (Mauritz & Harwood 1937). Az eltérő ásványos összetétel mellett a teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Füzes-tó: közepesen vagy erőteljesen hólyagüreges szövet, a fenokristályok között az olivin mellett klinopiroxén és plagioklász is megjelenik, mikrofenokristályként olivin, klinopiroxén, plagioklász és opakásványok vannak jelen. (Jankovics et al. 2009). Az eltérő ásványos összetétel mellett a teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Persányi-hegység és a Bánát lelőhelyei (Rákos, Bogata, Sarata, La Gruia Fintina, Sziklás) szöveti kép és ásványos összetétel alapján nem, de teljes-kőzet-összetétel alapján kizárhatók a lehetséges nyersanyagforrások közül (Downes et al. 1995).

A teljes-kőzet-összetétel alapján lehetséges nyersanyagforrásként azonosított lelőhelyek közül néhányról nem állnak rendelkezésre ásványkémiai adatok. Irodalomban közölt polarizációs mikroszkópos leírások alapján azonban az alábbiakban ezen lelőhelyek bazaltos kőzeteinek ásványos összetételét és szövetét is össze tudjuk hasonlítani a régészeti leletek anyagával.

Kissomlyó: A fenokristályok között főként klinopiroxén jelenik meg, kisebb mennyiségű olivinnel, a klinopiroxén-fenokristályok mérete nagyobb, mint az olivin-fenokristályoké. A klinopiroxén-fenokristályok (augitok) erősen zónásak, gyakran sötétbarna, rezorbeált maggal. Az alapanyagban kis méretű, teljesen opacitosodott szemcsék találhatók, amelyek piroxén, vagy amfibol utáni pszeudomorfózáként értékelhetők. (Oláh et al. in press.) Szöveti képe és az említett ásványfázisok megjelenése alapján kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Hercseg-hegy: Hólyagos-lávás bazalt (a hegy csúcsán) és tömött szövetű, sötétszürke réteges-pados bazalt, bazalttufán áttörő bazalttelérek, hasadékkitöltések és tufával keveredett lávabreccsa. A nagyon szűkszavú mikroszkópos leírás alapján a bazalt porfirok hipokristályos szövetű, fenokristályként olivint tartalmaz, az alapanyagot földpátlécek, augit, magnetit és közetüveg alkotja (Jugovics 1972). A klinopiroxén-fenokristályok, kristályhalmazok hiánya miatt kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Badacsony: Az olivin-fenokristályok serpentinisedtek, alapanyagában leucit („gyakran üvegszerű alapanyagként tölti ki a hézagokat”), nefelin és analcim is megtalálható. „Lényeges szerepet” játszik a biotit (gyakran serpentinisedett olivinnel, vagy piroxénnal összenőve jelenik meg, vagy önálló, 100-150 µm-es pikkelyeket alkot: Mauritz 1948).

Vitális a Badacsonyt az általa felállított csoportosításban a „magnetites ilmenites nefelines bazanitoid” csoportba sorolta (Vitális 1904), amelyben a nefelint önálló kristályként ugyan nem találta meg, „mezosztázisként” igen. Vitális ebben a csoportjában káliföldpátot: „nátronmikroklint vagy nátronortoklász” is leír (Vitális 1904).

Hajagos (Diszel): A biotit „általánosan el van terjedve” (Mauritz 1948). Ez kizárná ezt a lelőhelyet a lehetséges nyersanyag-források közül, azonban Mauritz ugyancsak biotitot ír le a hegyestűi bazaltban („analcim?” mellett), ugyanakkor azonban biotit jelenlétét a későbbi, korszerű műszeres vizsgálatok nem igazolták (Kóthay 2009). Mindezek alapján Mauritz biotit-leírásait csak akkor vettem figyelembe kizáró tényezőként, ha a biotit előfordulását korszerű műszeres vizsgálatok is igazolták (pl. Pál-hegy, Ság-hegy).

Bár Vitális a Hajagos-hegy kőzeteit tanulmányozta, nem sorolta be egyik általa felállított csoportba sem („magnetites ilmenites nefelines bazanitoid”, „ilmenites magnetites földpátos bazalt”, „limburgitoidok: augitos limburgitoid, rombos piroxént tartalmazó limburgitoid, biotitos-amfibolos limburgitoid”), azaz ilmenitet, rombos piroxént, biotitot, amfibolt nem talált a kőzetben (Vitális 1904).

A Halom-hegy (Mencshely) kőzetét Vitális az általa felállított csoportosításban a „biotitos amfibolos limburgitoid” csoportba sorolta, azaz biotitot és amfibolt is talált a kőzetben (Vitális 1904).

Prága-hegy (Sümeprága), alsó, fekete, oszlopos bazalt: fenokristályként olivin (a nagyobb példányokon kezdődő serpentinisedés) és földpát van jelen, körülbelül egyenlő arányban. Az alapanyagban piroxén (augit) mellett kevés földpát van jelen, valamint ilmenit (csoportosan, sorokba rendeződve, vagy „fenyőfaserű” képleteket alkotva megjelenő tűk), apatit és zeolit (phillipsit) (Jugovics 1959b).

Prága-hegy (Sümeprága), felső, sötétszürke, pados-lemezes bazalt: szövete durvább, nagyobb szemcséjű, mint az alsó, oszlopos bazalté (szabad szemmel is láthatóak 2-3 mm-es, barnászöld olivin-szemcsék, földpát-lécek, néhány augit-szemcse). Fenokristályként csak olivin jelenik meg (a nagyobb szemcséket a kezdődő serpentinisedés apróbb szemcsékre tagolja). Az alapanyagban csoportokban megjelenő piroxén (augit) mellett plagioklász (An₆₀₋₇₅), magnetit, apatit, analcim, kevés kőzetüveg, ilmenit van jelen. (Jugovics 1959b)

Hegyesd: A fenokristályok között főként klinopiroxén jelenik meg, kisebb mennyiségű olivinnel, a klinopiroxén-fenokristályok mérete nagyobb, mint az olivin-fenokristályoké. A klinopiroxén-fenokristályok (augitok) erősen zónásak, gyakran sötétbarna, rezorbeált maggal. Az alapanyagban kisméretű, teljesen opacitosodott szemcsék találhatók, amelyek piroxén, vagy amfibol utáni pszeudomorfózáként értékelhetők. (Oláh et al. in press.) Szöveti képe és az említett ásványfázisok megjelenése alapján kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

A Balaton déli partjának vulkanitjairól korszerű közet-kémiai elemzések nem álltak rendelkezésre, de közelségük a régészeti lelőhelyhez indokolja, hogy irodalomban közölt polarizációs mikroszkópos leírások alapján ezen lelőhelyek bazaltos kőzeteinek ásványos összetételét és szövetét is összehasonlítsam a régészeti leletek anyagával.

A balatonboglári bazalttufában amfibol (akár 1,5 cm-es méretben is) és biotit (apró kristályok) is megjelenik (Mauritz 1948).

Balatonszemesi bazaltkavicsokból szintén amfibolt (augittal összenőve) írt le Mauritz (Mauritz 1948).

A Fonyódi Várhegy kőzetét Vitális az általa felállított csoportosításban a „magnetites ilmenites nefelines bazanitoid” csoportba sorolta, azaz ilmenitet talált a kőzetben (Vitális 1904).

Ásványos összetétel, kőzetszövet, ásványkémiai elemzések összefoglalása

A rendelkezésre álló ásványkémiai elemzések és petrográfiai mikroszkópos leírások alapján az alábbi geológiai lelőhelyek zárhatóak ki a régészeti leletek nyersanyagának forrásai közül:

Mind az első, mind a második bazalt-változat esetében:

- nógrádi és burgenlandi lelőhelyek (a titánaugit titán-alumínium-aránya alapján),
- Pál-hegy, Steinberg, Ság-hegy, Uzsa, az olivin fenokristályokban megjelenő spinell-zárványok összetétele alapján,
- Haláp, Ság-hegy, Pál-hegy, Felsőpulya, Prága-hegy (Sümeprága): az alapanyagban megjelenő ilmenit alapján,
- Pál-hegy: a fenokristályként megjelenő plagioklász, az önállóan és plagioklással együtt jelen lévő szanidin, a ritkán előforduló nefelin, amfibol és analcim (Mauritz 1948, Ali & Ntaflós 2011), valamint az olivin-fenokristályok szegélyén helyenként megjelenő biotit, flogopit (Dobosi et al. 1991; Sági 2008, Ali & Ntaflós 2011) alapján is,
- Felsőpulya: Ilmenit- és kálföldpát-tartalma alapján,

- Stradner Kogel: titánaugit Al^{VI}/Al^{IV} -aránya, valamint az alapanyagban megjelenő nefelin alapján),
- Steinberg: az alapanyagban megjelenő nefelin és káliföldpát (Poultidis & Scharbert 1986; Dobosi et al. 1991; Sági 2008) alapján,
- Klöch: az olivin-fenokristályoknál nagyobb méretű klinopiroxén-fenokristályok (Dobosi et al. 1991), valamint az alapanyagban megjelenő nefelin és káliföldpát (Poultidis & Scharbert 1986) alapján,
- Kapfenstein: hólyagüreges, vitrofiros szövete, a fenokristályként megjelenő plagioklász (Kurat et al. 1980; Dobosi et al. 1991) alapján,
- Ság-hegy: az alapanyagban megjelenő biotit és káliföldpátok (Mauritz & Harwood 1937; Sági 2008) alapján is,
- Kissomlyó: a mennyiségileg domináns, nagy (az olivin-fenokristályoknál is nagyobb) méretű klinopiroxén-fenokristályok, valamint az alapanyagban található opacitos, piroxén (vagy amfibol) utáni pszeudomorfózák (Oláh et al. in press) alapján,
- Füzes-tó: az olivin-kristályok magasabb Mg-tartalma, hólyagüreges, vitrofiros szövete, a fenokristályként megjelenő plagioklász (Jankovics et al. 2009) alapján,
- Bondoró-hegy, az olivin-kristályok magasabb Mg-tartalma alapján,
- Szentgyörgy-hegy, az olivin-kristályok alacsonyabb Mg-tartalma alapján,
- Badacsony: az alapanyagban megjelenő nefelin, analcim és biotit (Mauritz 1948) alapján,
- Prága-hegy (Sümeprága): az alsó összlet a fenokristályként megjelenő plagioklász, a felső összlet az alapanyagban megjelenő analcim, mindkét összlet az alapanyagban megjelenő ilmenit (Jugovics 1959b) alapján,
- Hegyesd: a mennyiségileg domináns, nagy (az olivin-fenokristályoknál is nagyobb) méretű klinopiroxén-fenokristályok, valamint az alapanyagban található opacitos, piroxén (vagy amfibol) utáni pszeudomorfózák (Oláh et al. in press) alapján.

Az első bazalt-változat nyersanyagának forrásai közül kizárható:

- Haláp, Uzsa, Ság-hegy, Sáromberke az alapanyagban is megjelenő olivin, illetve az olivin-fenokristályok összetétele alapján,
- Füzes-tó az alapanyagban is megjelenő olivin (Jankovics et al. 2009) alapján is, bár ezekről elemzés nem készült.

Leucitot az alapanyagban az elektron-mikroszondával is vizsgált bazaltok közül csak Hegyestű (és Pál-hegy) bazaltjában találunk, és ennek összetétele megegyezik az első bazalt-változat alapanyagában található leucit összetételével. Az olivin fenokristályok magjának és

szegélyének összetétele is a hegyestűi bazaltok elemzett olivinjeire hasonlít legjobban. Ugyanakkor Mauritz (1948) biotitot is említ hegyestűi bazaltban, de ennek meglétét a későbbi, korszerűbb műszeres vizsgálatok nem igazolták (Kóthay 2009).

Mindezek alapján tehát, az ásványkémi elemzések alapján a régészeti leletek első bazalt-változatának nyersanyagához legközelebb álló geológiai lelőhely Hegyestű. A teljes kémiai összetétel alapján lehetséges nyersanyagforrások közül – elégséges irodalmi ásványkémi adat híján – nem zárható ki Tieschen.

A második bazalt-változat nyersanyagának forrásai közül kizárható:

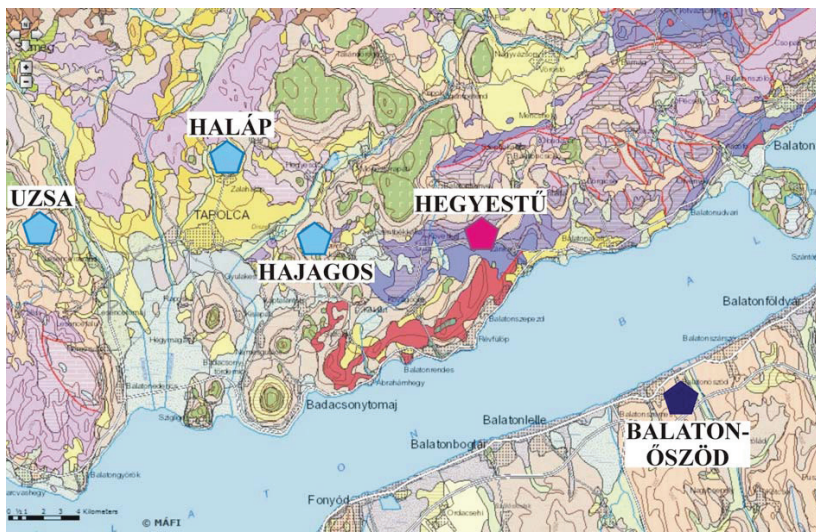
- Hegyestű, Steinberg, Klösch, Kapfenstein, Pál-hegy/Pauliberg, nincs olivin az alapanyagban,
- Hegyestű, mind az alapanyagban megjelenő leucit alapján, mind az olivin fenokristályokban megjelenő spinell-zárványok alapján.

Az ásványkémi elemzések alapján a régészeti leletek második bazalt-változatának nyersanyagához hasonlóan közel álló geológiai lelőhelyet nem találtunk. A részletesen vizsgált geológiai lelőhelyek közül a leginkább hasonlóak Haláp és Uzsa (és az olivinek alapján Sáromberke, de ez utóbbi lelőhely más ásványairól nem állnak rendelkezésre ásványkémi elemzések, valamint a teljes-kémiai elemzés alapján már kizártam a lehetséges nyersanyagforrások közül). Azonban (Haláp esetében) az alapanyagban megjelenő ilmenit, illetve Halás és Uzsa esetében a teljes-kémiai összetétel (az ásványkémi elemzések a savanyúbb összetételű halápi bazaltokon készültek) alapján ezekről a lelőhelyekről sem származhat a régészeti leletek nyersanyaga.

A teljes kémiai összetétel alapján lehetséges nyersanyagforrások közül – elégséges irodalmi ásványkémi adat híján – nem zárható ki Diszel (Hajagos).

További kutatási lehetőségek

A jelen értekezésben összegyűjtött és a későbbiekben a részletes adatokkal nem rendelkező geológiai lelőhelyekről begyűjtendő teljes-kőzet-összetételi, ásványkémi, ásványos összetételbeli és szöveti információk, elemzési eredmények alapján felállított (és a jövőben bővítendő) alap adatbázis segítségével nemcsak a Balatonöszöd-Temetői dűlő lelőhelyen napvilágra került bazaltos anyagú köeszközök nyersanyagának származási helyét tudjuk pontosítani, hanem más régészeti lelőhelyek hasonló nyersanyagú köeszközei nyersanyagának származási helyéről is információt tudunk szolgáltatni (pl. Oláh et al. in press)



23. ábra

Geológiai térkép (Budai & Gyalog 2010), módosítva: a régészeti lelőhellyel és a vizsgált régészeti leletek (bazaltok) nyersanyagának legvalószínűbb származási helyeivel. (Világoszöld szín: neogén bazaltok a felszínen.)

Részösszefoglalás – bazalt

Macroscopic, and especially polarized microscopic appearance (texture, mineral composition, structure) of the archaeological finds among two basalt-variants distinguished. Microscopic properties (mineral composition, structure), whole-rock chemical composition and minerals (olivine, clinopyroxene, plagioclase, iron-titanium oxides (titanomagnetite), spinel inclusions in olivine, leucite (in the first basalt-variant)) chemical composition, using the Pannon-basin basaltic rocks of the recent past, appeared whole-rock chemical and mineralogical data containing literature, I determined, that on the basis of the available data the first basalt-variant most likely raw material source is the Hegyestű basalt, while the second basalt-variant raw material is one of the investigated geological sites, among the best is Haláp and Uza rocks, but that with them unequivocally cannot be identified (**23. ábra**).

I must note, that due to the lack of sufficient mineralogical data the possible raw material sources among them cannot be excluded Tieschen (in the first basalt-variant case), and Diszel (Hajagos) (in the second basalt-variant case) (**23. ábra**). Therefore, due to the significant distance from the archaeological site, I exclude Tieschen from the possible raw material sources.

IV. „TRACHIDOLERIT” (ALKÁLI BÁZISOS TELÉRKÖZETEK)

A leletanyagban mindössze két darab nyéllyukas balta-töredék található, amelyek ebből a nyersanyagból készültek (B-1485 Baden, R-925, Baden).

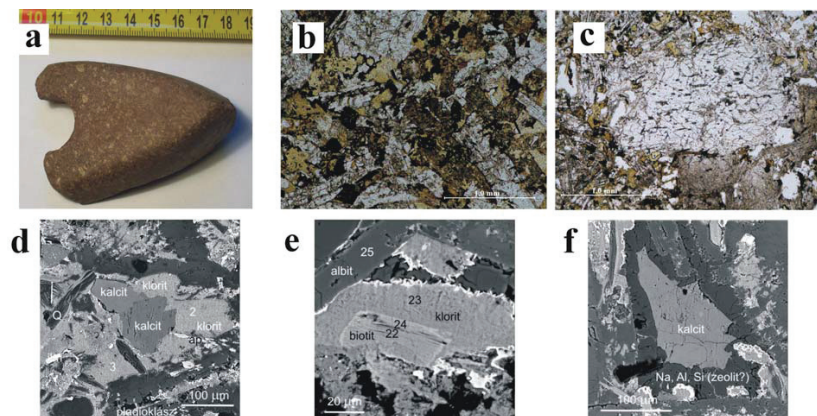
IV.1. A petrográfiai és az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei

1. balta (BOT X6): makroszkóposan barna alapanyagban, fehér, vagy világosszürke, 4-5 mm-t is elérő nagyságú mállott földpát-kristályokkal (**24.a. ábra**).
2. balta (BOT X8): Nagy mennyiségű, 1-3 mm-es méretű, fekete piroxén-szemcse és 1-2 mm-es nagyságú világosszürke földpát-szemcse sárgásbarna, barna, sötét vörösbarna, finomszemcsés, mállott alapanyagban (**25.a. ábra**).

Mikroszkópos jellemzők

- 1. balta (BOT X6):

A kőzet porfíros interszertális szövétű. A fenokristályok idiomorf-hipidiomorf, táblás-léces megjelenésű, több mm-es méretet is elérő, gyakran poliszintetikus ikres plagioklász-kristályok. Gyakoriak a plagioklász-fenokristályokból álló aggregátumok. A nagyméretű plagioklász-kristályok szegélye visszaoldódott (nem éles a kristályok határa az alapanyag felé). Néhány szemcse karbonátosodott (**24.b-c ábra**).



24. ábra

BOT X6-os kőbalta („trachidolerit”) a) Makroszkópos fotó. b) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): plagioklász fenokristályok, színes elegyrész (amfibol) utáni pszeudomorfózák, biotit, opakásványok. c) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): nagyméretű plagioklász fenokristály. d) SEM-fotó: klorit és kalcit amfibol utáni pszeudomorfózában. e) SEM-fotó: idiomorf biotit, körülötte klorittal. f) SEM-fotó: zeolit (analcim) kalcit körül.

Az alapanyagban idiomorf-hipidiomorf plagioklászlécek és hipidiomorf, táblás-léces, erősen átalakult (kloritosodott) színes elegyrészek (amfibol) utáni pszeudomorfózák találhatók,

valamint biotit és opakásványok. A plagioklászlécek, színes elegyrész utáni pszeudomorfózák és a biotitszemcsék mérete néhány száz μm -es **(24.b-c ábra)**.

Az alapanyagban a közetüveg mennyisége alárendelt, néhány százalékos.

A közetben egy izotróp szegélyű nagy szemcse, kvarc is megjelenik, mellette pátitos kalcitszemcsével.

A nagyméretű, zónás plagioklászok magja bázisosabb (kalciumban dúsabb, az anortit-tartalom meghaladja az 50%-ot), a szélek felé haladva az albit- és ortoklász-tartalom növekszik. A szemcsék szélén szinte tiszta, valószínűleg másodlagos eredetű albit található. A szemcsék belsejében és a szemcsék körül is megtalálható egy zeolit-fázis (összetétele alapján analcim).

Az eredeti színes elegyrészek – alakjuk alapján valószínűleg amfibol kristályok – szinte teljesen kloritá alakultak. Üde amfibolt a mintában sehol sem találni, ép biotit is csak néhány helyen figyelhető meg. Az amfibol utáni kloritos pszeudomorfóza mellett még karbonát (kalcit) és kvarc fordul elő **(24.d. ábra)**. A kloritban kalcit, kvarc, opakásvány és apatit található.

Üde biotitsszemcsék gyakran klorit mellett jelennek meg, de a szemcsék alakja és határvonala arra utal, hogy nem a biotit kloritosodott a szemcse szélein, hanem az idiomorf biotitszemcse mellett valamilyen más színes elegyrész, valószínűleg amfibol volt, és az alakult át kloritá **(24.e ábra)**. A biotitban a szokásosnál kisebb K_2O tartalom kezdődő átalakulásra, mállásra utal.

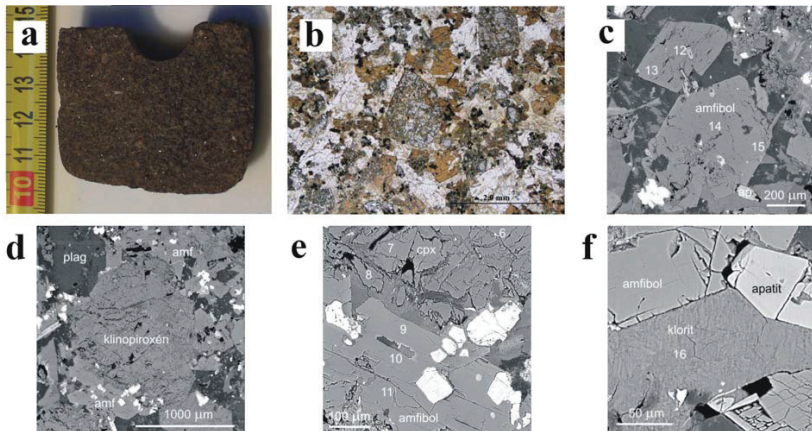
Az alapanyagban található opak fázis ilmenit, ez is részben átalakult. A bontott ilmenitben a TiO_2 -tartalom megnő, a FeO -tartalom pedig csökken az üde ilmenithez képest, és az alacsony oxidösszeg jelentős víztartalomra utal.

Jellegzetes, számos helyen előforduló kép, hogy nagyobb méretű kalcitszemcse körül analcim található **(24.f ábra)**.

- 2. balta (BOT X8):

A közet interszertális szövetű. Lényeges elegyrészként plagioklász, klinopiroxén és amfibol építi fel **(25.b ábra)**. Az idiomorf-hipidiomorf, táblás-léces megjelenésű, mm-es méretet is elérő, gyakran poliszintetikusán ikres és zónás plagioklász-kristályok között mállott (karbonátosodott) szemcsék is megfigyelhetők. A színes elegyrészek szegélyükön gyakran bontottak. A mm-es méretű piroxének hipidiomorf, táblás megjelenésűek, gyakori körülöttük az alkáli amfibol szegély **(25.d-e ábra)**. A klinopiroxén általában erősen repedezett, és a repedések mentén kloritosodott. Az amfibolok önállóan, idiomorf-hipidiomorf, táblás, néhány

száz µm-es, mm-es szemcsékként is megjelennek (nem csak a piroxének körül, illetve piroxénekben, **25.c-e ábra**), egyes szétesett amfibolok peremén opacitos szegély figyelhető meg. Színes elegyrész (piroxén, olivin?) utáni kloritos pszeudomorfózák is előfordulnak, méretük néhány száz µm (**25.f ábra**).



25. ábra

BOT X8-as kőbalta („trachidolerit”)

a) Makroszkópos fotó. b) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): piroxén, amfibol és plagioklász-szemcsék. c) SEM-fotó: idiomorf amfibol-kristályok. d) SEM-fotó: repedezett klinopiroxén kristály, szélén amfibollal. e) SEM-fotó: a d)-n látható klinopiroxén kristály széle és a szemcse szélén lévő amfibol nagyítva. f) SEM-fotó: a c)-n látható amfibol kristály szegélye nagyítva (mellette apatit és klorit).

Az alapanyagban a sötét színű, barna közetüveg mennyisége alárendelt, néhány % körüli.

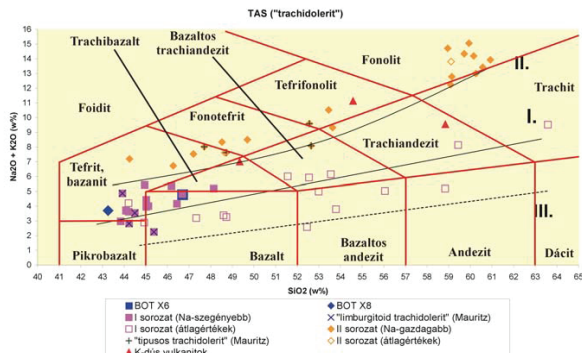
Az alapanyagban apró, bontott opak-szemcsék (titanomagnetit) találhatók. Akcesszórius elegyrészként apatit jelenik meg.

A plagioklászok magja bázisosabb (kalciumban dúsabb, az anortit-tartalom 50-55% közötti), a szélek felé haladva az albit- és ortoklász-tartalom növekszik. A szemcsék szélén szinte tiszta, valószínűleg másodlagos eredetű albit található.

A klinopiroxén viszonylag magas TiO_2 - és Al_2O_3 -tartalma (1.5 – 3.3 s%, illetve 4.3 – 7.5 s%), valamint a viszonylag nagy Mg-érték (0.74 – 0.78) bazaltos, trachibazaltos kőzetre utal. Az alkáli jelleget erősíti az is, hogy az amfibol összetétele kaersutitnak felel meg (**31. ábra**).

IV.2. Kőzetkémi elemzés (PGAA) és mágneses szuszeptibilitás (MS)

Mindkét vizsgált baltáról készült teljes kémiai elemzés (**2. táblázat**). Az elemzések alapján a két kőbalta nyersanyaga alkáli bazalt, bazanit (TAS-diagram, **26. ábra**).

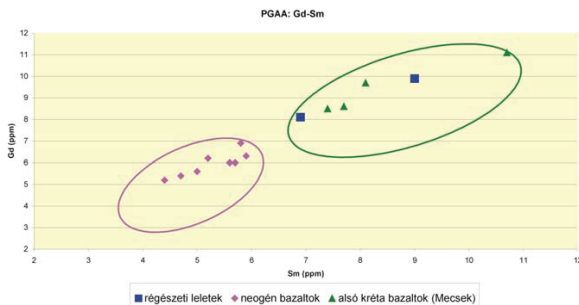


26. ábra

Teljes-kőzet összetétel.
TAS (Total Alkali-Silica)-diagram („trachidoleritek”).

Már a korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy geológiai lelőhelyekről származó bazaltok esetében PGAA elemzések segítségével elkülöníthetők egymástól a fiatal és idősebb magyarországi bazaltok (a Balaton-felvidéki, nógrádi neogén bazaltok, illetve a mecseki kréta bazaltok) (Füri 2003; Füri et al. 2004).

A Füri Judit és szerzőtársai által közölt diagramokba illesztve a Balatonöszöd–Temetői dűlőben előkerült leletek elemzésének eredményeit (2. táblázat) látható, hogy a vizsgált minták nyersanyaga a mecseki alsó-kréta bazaltok csoportjába esik (27. ábra).



27. ábra

Teljes-kőzet összetétel.
Gd-koncentráció a Sm-tartalom függvényében a PGAA-mérési eredmények alapján: „trachidolerit” anyagú régészeti leletek (kék négyzetek), neogén bazaltok (rózsaszín rombuszok) (Füri et al., 2004) és mecseki kréta bazaltok (zöld háromszögek) (Füri et al., 2004).

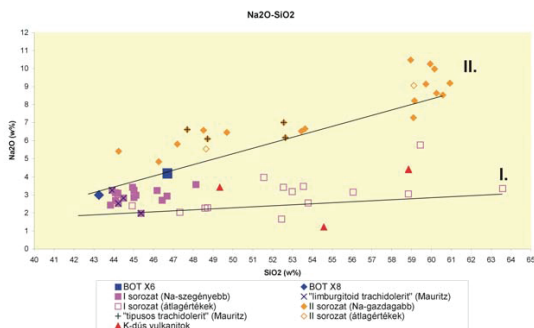
A kőzetek mágneses szuszceptibilitás (MS) értéke (a szükséges korrekciók: Bradák et al. 2005; Bradák et al. 2009 elvégzése után) lényegesen eltérő képet mutat: a BOT X6-os balta MS-értéke: $0,82 \cdot 10^{-3}$ SI egység, a BOT X8-as balta MS-értéke: $27,02 \cdot 10^{-3}$ SI egység. Az eltérés oka lehet, hogy a BOT X8-as jelű kőbalta anyagában az opak fázis titanomagnetit, míg a BOT X6-os baltában bontott ilmenit.

IV. 3. Az eredmények értelmezése, lehetséges forrásterületek

Ásványos összetétel, szövet, teljes kőzet kémiai összetétel

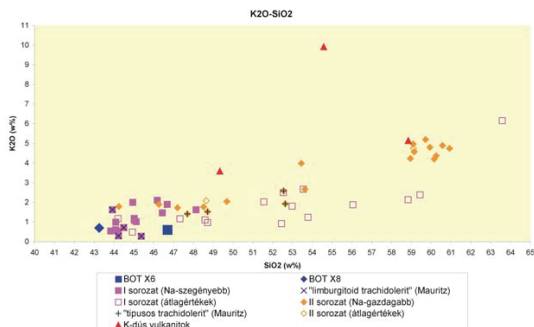
A régészeti lelőhely tágabb környezetében a vizsgált nyersanyaghoz hasonló ásványos összetételű és szövetű kőzeteket a kőzettani és geokémiai szempontból is változatos megjelenésű mecseki alsó-kréta vulkáni kőzetek között találunk.

Leginkább a Hoffman Károly által a „fiatal trachydoleritekkel” azonos, de idősebb koruk miatt előrehaladottabb átalakulást szenvedett „plagioklas-amphibol-augit-kőzet”-nek (Hoffman 1876), Mauritz Béla által „típusos trachidolerit”-nek tartott (Mauritz 1913), az újabb nevezéktan szerint Na-bazanitnak, fonotefritnek (Harangi & Árváné Sós 1993) nevezett kőzetfajták hasonlítanak a vizsgált kőbalták nyersanyagára. Meg kell azonban jegyezni, hogy teljes-kőzet kémiai összetételüket tekintve bázisosabbak, inkább a „limburgitoid trachidolerit”-hez (Mauritz 1913) állnak közel, ezekhez hasonlóan összetételük a kisebb alkália-tartalmú mecseki ankaramit-alkáli bazalt kőzetsorozatba illeszkedik (I. sorozat a **26. ábrán**). (Harangi & Árváné Sós 1993) A **26. ábrán** egyéb irodalomból vett adatokat is feltüntetünk (Harangi 1988: kőzetfajták átlagértékei, Dobosi 1987; Harangi 1994; Harangi et al. 2003; Fűri 2003; Fűri et al. 2004), és ezek alapján egy harmadik, még kisebb alkália-tartalommal jellemezhető sorozat is elkülöníthetőnek látszik (III. sorozat, szaggatott vonal a **26. ábrán**). Azonban csak a nátrium-tartalmat nézve (**28. ábra**) valóban csak két sorozat különíthető el. A régészeti leletek alacsony kálium-tartalmára (amely a „limburgitoid trachidolerit” többségénél is alacsonyabb, **29. ábra**) kezdődő átalakulás (mállás) lehet a magyarázat (amit megerősít a biotitok alacsony kálium-tartalma is, lásd később).



28. ábra

Teljes-kőzet összetétel („trachidolerit”). Na_2O -koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében.



29. ábra

Teljes-kőzet összetétel („trachidoleritek”). K_2O -koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében.

„Típusos trachidolerit”

A „típusos trachidolerit”-ek (Mauritz 1913 alapján) mind „igen nagy mértékben elváltozott kőzetek”. A mecseki „típusos trachidolerit”-ek általában aprószemű, vagy egészen tömött szövetű kőzetek, csak ritkán porfiros megjelenésűek. Ásványos összetételük változatos, fő összetevőik: piroxén, amfibol, „meroxén” (biotit), olivin, földpát, apatit, ércsek és üveg; másodlagosan megjelenő elegyrészek: szerpentin, klorit, kalcit, limonit, zeolitok, epidot és muszkovit. A friss kőzetüveg nagyon ritka, és csak kis mennyiségben van jelen. Az alapanyag gyakran teljes egészében zeolitosodott (Mauritz 1913).

Leggyakoribb elegyrész a piroxén (titánaugit), amely általában üde, mállás során kloritosodik. Második generációban egirinaugit is megjelenik, amely csak ritkán alkot önálló kristályokat, általában a titánaugitokat növi körül.

A csillámokat a titántartalmú biotit képviseli. Biotit nagyobb mennyiségben azokban a „trachidoleritekben” fordul elő, amelyek amfibolt is tartalmaznak. A biotit ezekben a kőzetekben a mállásnak sokáig ellenáll, egyes teljesen elbontott „trachidoleritekben” még üde biotit-foszlányok találhatók.

Az amfibol („barkevikit”, bazaltos amfibol) csak ritkán jelenik meg, de akkor idiomorf kristályok formájában, amelyeken visszaoldódás nyomai nem látszanak. Gyakori az amfibol augittal való párhuzamos összenövése, ahol az amfibol és a piroxén egyaránt alkothatja a magot.

Az olivin ritkán hiányzik teljesen, általában minden kőzet típusban jelen van, de többnyire alárendelt mennyiségben. Üde olivin csak nagyon ritkán fordul elő, általában szerpentin és kalcit alkotta pszeudomorfózák utalnak csak egykori jelenlétére.

Az apatit általánosan elterjedt akcesszória, amely mindig nagy mennyiségben van jelen. Ércsek (opakásványok) közül magnetit és ilmenit fordul elő.

Szintelen elegyrészek közül csak földpátok fordulnak elő, földpátpótlót a kőzetek nem tartalmaznak. A földpátok első generációját több mm-es méretet elérő, idiomorf-hipidiomorf plagioklász-fenokristályok alkotják, amelyek általában labradoritos összetételűek (An_{50-70}), vagy savanyúbbak, belső bázikusabb magjuk és savanyúbb külső zónáik között folyamatos az átmenet. A második generációban (az alapanyagban) megjelenő plagioklászok savanyúbbak és kimutatható káliföldpát is.

Friss kőzetüveget csak nagyon ritkán lehet kimutatni, ilyen esetekben barnás színű, nagymennyiségű fekete opak-szemcsével. Mennyisége annyira kevés, hogy a kőzetek gyakran holokristályosak, porfiros holokristályosak (Mauritz 1913).

Mauritz szerint a földpátpótlók (nefelin) hiánya az előrehaladott zeolitosodással magyarázható. Általánosan elterjedt zeolit a mecseki „tiposus trachidoleritekben” az analcim és kisebb mennyiségben a nátrólit. Az analcim mindig xenomorf, hézagkitöltő (általában földpátok mellett, között jelenik meg).

A legfontosabb másodlagos ásványok a piroxén, amfibol és biotit mállásával keletkező klorit és az olivin mállásával keletkező szerpentin. (Mauritz 1913)

Az újabb nevezéktan szerinti Na-bazanitok, fonotefritek általános jellegzetessége a víztartalmú szilikátok (alkáli amfibol, biotit, analcim) és az apatit jelentős mennyisége. A Máza-völgy Na-bazanitja mafikus elegyrészekben gazdag, középszemcsés kőzet, az alkáli amfibol (kaersutit), klinopiroxén, biotit együttes mennyisége egyes mintákban a 60 tf%-ot is eléri. E mellett neutrális és savanyú plagioklász, analcim, magnetit, és apatit, valamint alárendelt mennyiségben olivin és nefelin alkotja a kőzetet. Az analcim ék-alakú kristályként, illetve kristályközi teret kitöltő fázisként fontos alkotója a Na-bazanitoknak és fonotefriteknek (Harangi & Árváné Sós 1993).

„Limbургitoid trachidolerit”

A Hoffman Károly által „ifjabb földpátbazaltjainknak” legszorosabban megfelelő, de idősebb koruk miatt előrehaladottabb átalakulást szenvedett „augit-porphyr”-nak (Hoffman 1876), Mauritz Béla által „limburgitoid trachidolerit”-nek tartott (Mauritz 1913), az újabb nevezéktan szerint ankaramitnak, alkáli bazaltnak (Harangi & Árváné Sós 1993) nevezett kőzetfajták jellemzői (Mauritz 1913 alapján):

Kőzetüveget nem, vagy csak nagyon keveset tartalmaznak, szövetük általában holokristályos porfiros. Földpátpótló ebben a típusban sincs, hiányoznak a zeolitok, savanyú plagioklászok, káliföldpátok, valamint az amfibolok is. A „tiposus trachidoleritekkel” szemben uralkodó

mennyiségben van jelen olivin és augit, a plagioklászok mennyisége kevesebb. Második generációban szintén sok olivin, augit, kevés plagioklász és nagyon kevés biotit jelenik meg. Opak ásványok (magnetit, ilmenit) mindkét generációban jelen vannak. A plagioklászok bázikusak (labradorit-bytownit, An_{50-90}). Az olivin gyakran szabad szemmel is látható (több mm-es), üde kristályokból álló porfirokat alkot, a szintén gyakran üde titánaugit-porfirok gyakran tartalmaznak földpátzárványokat. Gyakran nagy méretű apatitot is nagy mennyiségben tartalmaznak a „limburgitoid trachidoleritek”. A legfontosabb másodlagos ásványok az augit mállásával keletkező klorit és az olivin mállásával keletkező szerpentin. Kalcit és limonit nem szokott nagyobb mennyiségben megjelenni (Mauritz 1913).

Az újabb nevezéktan szerinti anakaramitok szövete erőteljesen porfíros, az alapanyag üveges, vagy gyengén kristályos. A fenokristályok többsége klinopiroxén, mellette olivin és titanomagnetit, ilmenit jelennek meg. Az alapanyag bázisos-neutrális plagioklászból, klinopiroxénből és nagy mennyiségű vas-titán-oxidból (ilmenit, titanomagnetit) áll (Harangi & Árváné Sós 1993).

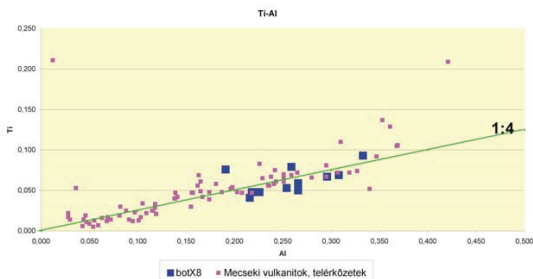
Az alkáli bazaltok kevésbé porfírosak, a fenokristályok között a bázisos plagioklász mennyisége gyakran meghaladja a klinopiroxén mennyiségét, mellettük főleg ilmenit van jelen fenokristályként. Az olivin mennyisége nagyon alárendelt, gyakran teljesen hiányzik ezekből a kőzetekből. Az alapanyagot neutrális plagioklász, klinopiroxén és vas-titán-oxidok alkotják. A legfontosabb másodlagos ásvány a klorit, amely olivin átalakulásával jöhetett létre, és az alapanyagban is megjelenik (Harangi & Árváné Sós 1993).

Ezek a kőzetek tehát – bár teljes-kémiai összetételük a két kőbaltá anyagának összetételére nagyon hasonlít – nem lehetnek a kőbalták nyersanyagának forrásai, mivel nem található bennük sem amfibol, sem biotit, ezzel szemben általában nagy mennyiségű olivint tartalmaznak.

Ásványkémia

Az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményeit összehasonlítottuk az irodalomban a mecseki alsó-kréta vulkáni kőzetekről megjelent mérési adatokkal (Dobosi 1985; 1987; Harangi & Árváné Sós 1993).

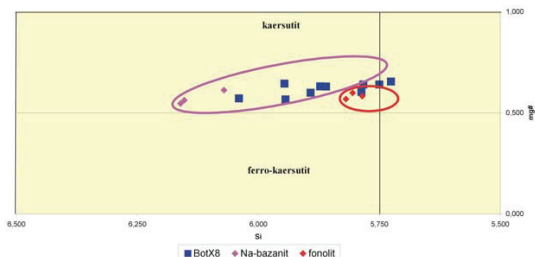
A BOT X6 és BOT X8 mintákban mért klinopiroxének összetétele jól illeszkedik a mecseki alsó-kréta vulkanitok klinopiroxénjeinek összetételéhez (Dobosi 1985; 1987; Harangi & Árváné Sós 1993) (30. ábra).



30. ábra

Ásványkémia. Klinopiroxének Ti-tartalma az Al-tartalom függvényében. (Régészeti leletek („trachidoleritek”); mecseki vulkanitok, telérközetek)

A kőeszközökben az amfibol összetételét tekintve kaersutit, ami megegyezik a mecseki alsó-kréta vulkanitokban mért amfibol-összetételekkel (Harangi & Árváné Sós 1993) (**31. ábra**).



31. ábra

Ásványkémia. Amfibolok besorolása (Leake 1978 alapján) („trachidoleritek”).

A kőeszközökben a biotit összetétele némileg eltér a mecseki Na-bazanitokban és tefrifonolitokban megjelenő biotitokétól (Harangi & Árváné Sós 1993): titán- és kálium-tartalmuk alacsonyabb, vas- és magnézium-tartalmuk magasabb (**9. táblázat**).

A kőeszközökben a plagioklászok magjának összetétele labradoritos, majd a szegély felé haladva bázisos andezines, savanyú andezines, bázisos oligoklász, savanyú oligoklász, végül albitos (**10. táblázat**). A szegélyeken szinte teljesen tiszta, valószínűleg másodlagos albit jelenik meg.

Az ankaramit-alkáli bazalt sorozat („limburgitoid trachidoleritek”) földpátjainak magja összetételében megegyezik a régészeti leletek földpátjai magjának összetételével, de a külső zónák összetétele a bázisos andezin tartománynál nem fejlődik tovább (Harangi & Árváné Sós 1993).

A Na-dús sorozatban (amelybe a „tipusos trachidoleritek” is tartoznak), a plagioklászok magjai szintén labradoritosak, de a külső zónák változatosabb összetételűek (nincs meg minden összetételi zóna minden kristályban): a kristályosodási trend labradorit-andezin-

oligoklász-anortoklász-szanidin irányú (Harangi & Árváné Sós 1993). Ebbe a trendbe jól illeszkednek a régészeti leletek anyagában mért földpát-összetételek.

Analcim három-féle helyzetben is megjelenik a mecseki alsó-kréta vulkanitokban: xenomorf analcim az alapanyagban, amely valószínűleg az alapanyag, illetve kőzetüveg átalakulásával keletkezett; ék-alakú kristályok földpát-fenokristályok között, amelyek földpátok és nefelin átalakulásából keletkeztek; valamint idiomorf kristályok kalcit-ocellumok szegélyén (Demény et al. 1997). A BOT X6-os mintában földpát-fenokristályban, illetve földpát-kristályok között megjelenő, valamint kalcit mellett megjelenő analcim összetétele nagyon hasonló a mecseki vulkanitokból leírt kalcit-ocellumokban található analcimok kalcithoz közeli zónájának összetételéhez (Demény et al. 1997; **11. táblázat**).

A nyersanyag-források elhelyezkedése

A „típusos trachidoleritek” lelőhelyei a következők:

Komló közelében a ventillátorhoz nyíló árok eredeténél; Hosszúhetény, községi kőbánya; a Hidasi-völgy harmadik déli mellékárkában; a Viganvárról Hetvehelyre vezető völgyben, a Márévári völgy fejeénél („átmeneti típusú trachidolerit”); a Hidasi-völgyben, Zobák-pusztá közelében („átmeneti típusú trachidolerit”); Komló, Bányavölgy; Komló, a ventillátorhoz nyíló árokban; Komló, Sóstó-völgyi kőbánya; Komló, Anna-akna; Mánfa, Mélyvölgy (a kőzet számban nincs meg); Abaliget közelében, a Petőc-patak felső szakaszán; Hetvehely közelében, a Nyáras-patakban; A Hidasi-völgy középső szakasza (rendkívül mállott kőzet); a szászvári széntelepeket áttörő telérek (rendkívül mállott kőzet); Szentkút közelében (rendkívül mállott kőzet); Pécs-Vasas, Thommen-akna (rendkívül mállott kőzet); a Császtai völgyben, Pécs, Makárhegy keleti oldala (Mauritz 1913).

A vizsgált csiszolt kőszeközök nyersanyagához leginkább hasonlító ásványos összetételű és szövetű „típusos trachidoleritek”:

- a mánfai Mélyvölgyben álló kötömbök (számban a kőzetet nem találták meg) amelyek fenokristályként plagioklász és amfibolt tartalmaznak, alapanyagukat nagy mennyiségű idiomorf amfibol, üde biotit-foszlányok, savanyú plagioklász-lécek, szanidin, apatit, magnetit és ilmenit, valamint kalcit, klorit és apatit alkotja (Mauritz 1913);
- a komlói Anna-aknában a kőszeket áttörő kőzet, amely fenokristályként kevés, külső zónájában titánaugitos, gyakran amfibollal párhuzamosan összenöve megjelenő augitot, kevés plagioklász és sok olivin utáni pszeudomorfózát tartalmaz, alapanyagát idiomorf augit, amfibol, savanyú plagioklász-lécek, biotit-foszlányok, opakásványok, apatit és nagy mennyiségű klorit, kalcit és analcim alkotja (Mauritz 1913);

- Komlón a ventilátorhoz nyíló árokban feltárt telérközet, amely fenokristályként kevés földpátot és augitot tartalmaz, alapanyagát sűrűn egymás mellé szorult plagioklász-lécek, idiomorf augitkristályok, biotitfoszlányok, igen kevés amfibol, nagy mennyiségű zeolit (nátrólit, analcim), kevés klorit és kalcit alkotja (Mauritz 1913).

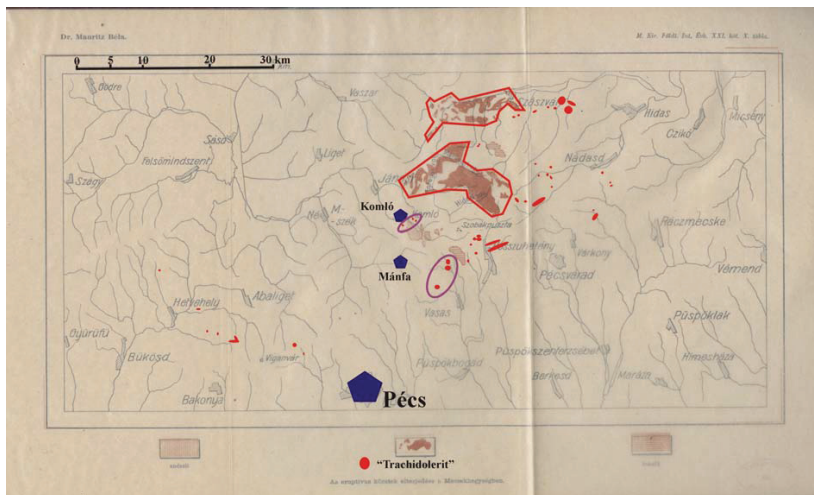
A „limburgitoid trachidoleritek” lelőhelyei a következők:

A Márévári völgy fejenél („átmeneti típusú trachidolerit”); Magyaregregytől délre, a Singödör-völgy torkolatánál; a Malom-hegyről Mecsekjánosipusztá-felé haladó árkokban; Magyaregregytől keletre, a Baglyoshegyen; a Hidasai völgy negyedik északi mellékárában, Magyaregregytől keletre, a Singödör-völgy fejenél; Pécs-Szabolcs, a ventilátorhoz vezető völgyben; Pécs-Somogyról Pécs-Vasas felé vezető árokban; a Szamárhely északi peremén, a Császtá-felé vezető völgyben (Mauritz 1913).

Résszösszefoglalás – „trachidolerit” (alkáli bázisos telérközetek)

Végeredményként megállapíthatjuk, hogy a vizsgált kőbalták legvalószínűbb nyersanyagforrása mecseki alkáli bázisos telérközet. Bár teljes-kőzet kémiai összetételüket tekintve a kőbalták inkább a „limburgitoid trachidoleritekhez” (ankaramitokhoz, alkáli bazaltokhoz) állnak közel, figyelembe véve előrehaladott átalakulásukat mégis inkább a szöveti megjelenésük, egykori ásványos összetételük alapján hasonlító „típusos trachidoleritek” (Na-bazanitok, fonotefritek) között (illetve az átmeneti tagok között) kell keresnünk nyersanyagukat.

A legvalószínűbb nyersanyagforrások tehát a mánfai Mélyvölgy közei, illetve a Komló környéki telérek (**32. ábra**).



32. ábra

„Trachidolerit” kibúvások a felszínen. (Mauritz 1913, módosítva). Piros foltok: „trachidolerit”. Lila ellipszisek: a két legvalószínűbb nyersanyag-forrásterület.

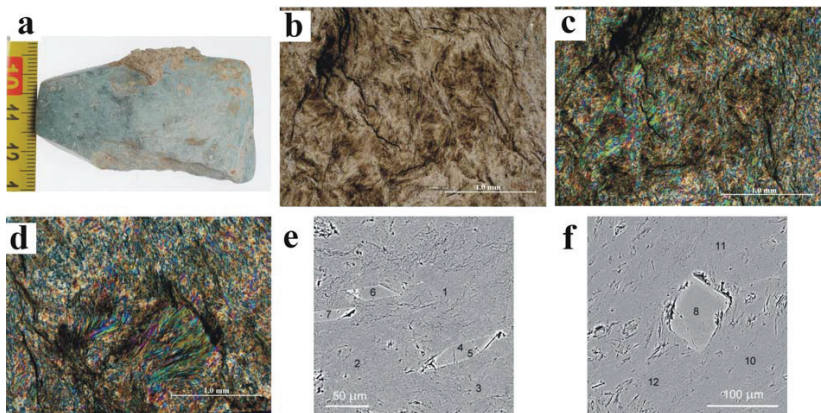
V. NEFRIT

Esztétikus megjelenése és az egymást átszövő vékony amfibol szálabból álló, tömött szövet biztosította szívóssága kiváló csiszolt kőszköz nyersanyaggá teszi a nefritet, ezért széles körben elterjedt nyersanyag volt Európában a neolitikumban és a rézkorban, bár a nefrit-testek kis mérete miatt nem volt nagy tömegben használt nyersanyag.

A kőbalták között mindössze egy nefrit anyagú vésőbalta található (991. gödör, IIB-III. badeni: BOT X5 minta). Mivel a Kárpát-medencében és közvetlen környezetében nem ismerünk nefrit-lelőhelyet, így ez a nyersanyag (vagy a kész vésőbalta) biztosan nagy távolságról, luxus-importként érkezett a régészeti lelőhelyre.

V.1. A petrográfiai és az elektron-mikroszkopos vizsgálatok eredményei

A vésőbalta élénk, világoszöld színű (helyenként halvány kékes, illetve sötétebb zöldes árnyalatú foltokkal), nagyon finom szemcsés metamorf kőzetből készült (**33.a ábra**). Szabad szemmel és kézi nagyítóval sem láthatóak benne nagyobb kristályok. A csiszolt felületek selymes fényűek, helyenként szálak szerkezet látható, a szálak hajladoznak, színük fehér, vagy nagyon világos zöld. A felületen vörösbarna elszíneződések (foltok) láthatók.



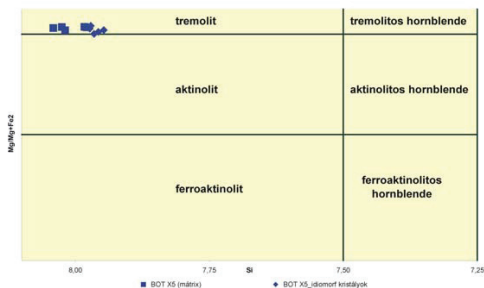
33. ábra

BOT XS-ös kőbalt (nefrit)

a) Makroszkópos fotó. b-c) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (b: 1N, c: +N): tűs-szálás amfibol (hajladozó kristályok). d) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): tűs-szálás amfibol (szabálytalan alakú „fészek”). e-f) SEM-fotó: sajátalakú tremolit-kristályok (e: c-tengelyre merőleges metszet, f: 010-lal párhuzamos metszet) a kristállyal megegyező összetételű finomszemcsés mátrixban.

Mikroszkópos jellemzők:

A kőzet monomineralikus, fő tömegét nagyon finom, szálás megjelenésű amfibol alkotja (**33.b-d ábra**), amelyben apró (50-100 μm -es), idiomorf amfibol-kristályok is előfordulnak. Az idiomorf kristályok irányítatlanul helyezkednek el, c-tengelyre merőleges (**33.e ábra**), és (010)-al párhuzamos metszetben (**33.f ábra**) is megjelennek. A szálak gyakran hajladoznak, másutt legyezőszerű képletekbe rendeződnek (**33.d ábra**), helyenként orientáció nélküli, kusza halmazokat alkotnak (**33.b-c ábra**). A mikroszondás vizsgálatok alapján az amfibol-szálak és idiomorf kristályok között nincs lényeges összetételbeli különbség, az amfibol az egész mintában tremolitos összetételű (Leake 1978 besorolása alapján, **34. ábra**).



34. ábra

Ásványkémia. Amfibol besorolása (Leake 1978 alapján) (nefrit).

V.2. Kőzetkémi elemzés (PGAA) és mágneseles szuszceptibilitás (MS)

Magyarországi régészeti leletanyagban nefrit csak kis számban és kizárólag dunántúli lelőhelyekről ismertünk, elsősorban a Mihálydy-gyűjtemény (Szakmány et al. 2001) és az Ebenhöch-gyűjtemény anyagában (Friedel 2008; Friedel et al. 2008). Ezen gyűjteményekben őrzött régészeti leletek korok és kultúrák szerint már nem azonosíthatók a leletek szórvány jellege (Ebenhöch-gyűjtemény), illetve a hiányzó lelőhely-információk miatt (Mihálydy-gyűjtemény) (Horváth 2001), emiatt a balatonőszödi nefrit balta az első biztos régészeti kontextussal rendelkező lelet a magyar őskorban.

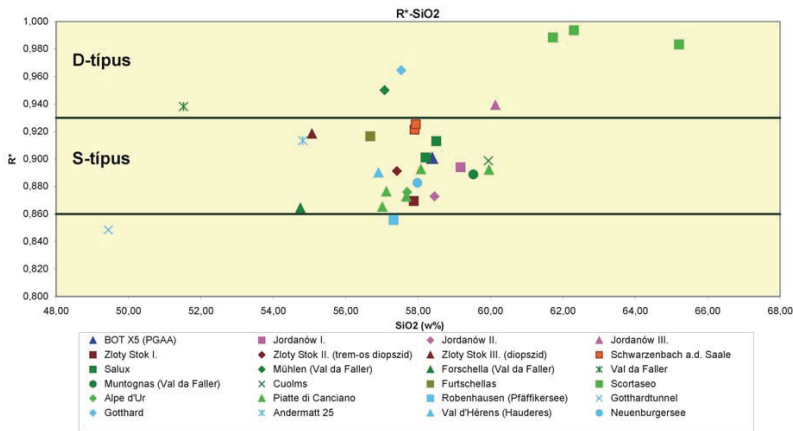
A balatonőszödi nefrit-balta nyersanyagának összetétele nagyon hasonlít az eddigi egyetlen PGAA-val vizsgált magyarországi nefrit-baltához, amely a Magyar Nemzeti Múzeum Ebenhöch-gyűjteményében található (Friedel 2008, Friedel et al. 2008). Mindkét balta nyersanyagára a magas szilícium-tartalom mellett magas magnézium- és kalcium-tartalom jellemző, alacsony alumínium-, nátrium- kálium- és titán-tartalom mellett. A teljes-kőzet összetétel gyakorlatilag megegyezik az egyes amfibol-kristályokon elektron-mikroszondával mért értékekkel (**12. táblázat**), eltérés csak a valamivel magasabb vastartalomban mutatkozik, aminek okozói lehetnek a kőzet felületén elszórtan megjelenő vörösbarna, vasas elszíneződések.

A kőzet mágneseles szuszceptibilitás (MS) értéke (a szükséges korrekciók: Bradák et al. 2005; Bradák et al. 2009 elvégzése után): alacsony, $0,13 \cdot 10^{-3}$ SI egység, ami megfelel mind a Mihálydy-gyűjtemény ($0,09 \cdot 10^{-3} - 0,52 \cdot 10^{-3}$ SI egység, Bradák et al. 2005), mind az Ebenhöch-gyűjtemény ($0,1-0,7 \cdot 10^{-3}$ SI egység, Friedel 2008, Friedel et al. 2008) nefrit anyagú csiszolt kőeszközein mért értékeknek.

V.3. Lehetséges forrásterületek

A nefritek képződésük szerint két csoportba oszthatóak: az egyik típus kontakt metasomatózis útján jön létre intermedier (granodioritos) intrúziók és dolomitos márványok között (dolomitos típus, D-típus), a másik típus esetében a kontakt metasomatózis (olivinből hidrotermás metasomatózis hatására kialakult) szerpentin és az egykori magmás test melletti kőzetek (márvány vagy dolomit) között megy végbe (szerpentinisedett utrabázisos kőzetes-típus, S-típus: Zhang et al. 2011). A két típus közötti lényeges kémiai összetételbeli eltérés mutatkozik, amit az $\text{Mg}^{2+}/(\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+ (3+)})$ mol-aránnyal lehet legjobban kifejezni. Ez D-típusú nefritek esetében 0,930-1 között van, míg S-típusú nefritek esetében 0,860-0,930 közé esik. A Balatonőszöd–Temetői dűlő lelőhelyről előkerült nefrit balta esetében ez az érték 0,901 (**12.**

táblázat, 35. ábra), tehát a vizsgált nyersanyag S-típusú, azaz serpentinisedett ultrabázisos kőzetekhez köthető nefrit.



35. ábra

Teljes-kőzet összetétel (nefriték). R^* ($Mg^{2+}/Mg^{2+}+Fe^{2+(3+)}$, molszázalék-arány) a SiO_2 -tartalom függvényében. (S- és D-típus Zhang et al. 2011. nyomán)

Európában a nefrit geológiai lelőhelyeinek száma kevés: az Alpokban (Svájc, Olaszország, Franciaország, Németország és Ausztria területén is), az Appennini-hegységben, a Harz-hegységben, Skandináviában, valamint a Cseh-masszívum peremterületeinek metamorfizált bázikus, ultrabázikus komplexumaiban vannak ismert előfordulásai. A Skandináviából az eljegesedési fázisokban jég által szállított vándorkövek között is előfordulnak nefrit anyagúak (Rügen-sziget, Potsdam és Leipzig környéke: Gunia 2000).

Említést érdemelnek az úgynevezett „Mur Nockerl”-ek, a Graz környéki Mura folyó hordalékából származó nefrit-kavicsok, görgetegek. A Drávába ömlő folyócska közelebb esik a Kárpát-medencéhez, mint a többi ismert lelőhely. Bár felső folyása mentén (mielőtt áttörne a Glein Alm-on) több serpentinisedett kőzettest is található, a nefrit-kavicsok anyakőzete nem ismert (Giess 2005).

A Balkán-félszigeten előkerült nefrit-anyagú csiszolt kőeszközök jelentős száma miatt régészek feltételeznek egy nefrit nyersanyagforrást a Balkán-félszigeten is, de ezidáig még nem sikerült ezt a geológiai lelőhelyet megtalálni (Kostov 2005).

A lelőhelyek azonosítását megnehezíti, hogy a közelebbi és távolabbi múltban igen sokféle zöld színű kőzetet neveztek nefritnek (amelyek zöme nem felel meg a mai – kőzettani – értelemben vett nefrit-fogalomnak), és a nefritet alkotó amfibol-fajták nevezéktana is változott

az idők során (azaz nem feltétlenül tremolitot, vagy aktinolitot kell keresnünk a régebbi irodalmakban, hanem pl. „grammatitot”, sőt hornblendét). Segíthet azonban – az ásványos összetétel és szövet összehasonlítása mellett – a néhány lelőhelyről rendelkezésre álló kémiai elemzési eredmények összevetése a vizsgált leletek elemzési adataival.

A Balatonöszöd – Temetői dűlőről előkerült nefrithez hasonló – monomineralikus, 100%-ban tremolitból álló, a tremolit-szálak között apró tremolit-kristályokat is tartalmazó – amfibolitok D’Amico és társai összefoglaló munkája alapján nem találhatók Olaszországban, Liguriában (D’Amico et al. 2003). A hasonló nefrit-anyagú olaszországi leletek legvalószínűbb származási helyeként a svájci Graubünden (Grisons) kantont jelölik meg (D’Amico et al. 2003).

Ugyancsak tremolit-nefritek a fentebb említett „Mur Nockerl”-ek (Giess 2005).

Svájcban nem csak a továbbiakban részletes tárgyalt S-típusú nefritek, hanem dolomit-márványhoz kapcsolódó D-típusú nefritek is előfordulnak. Ilyen például a legnagyobb mennyiségű nefrittel rendelkező lelőhely Scortaseo (Puschlav/Poschiavo), ahol a nefrit borsónyi (4-8 mm-es), fehér, vagy nagyon világos zöld, mállott felületükön vörösre színeződött gömböcskék formájában jelenik meg (kalcitos mátrixban), talkpala és dolomit-márvány kontaktusán. (Dietrich & de Quervain 1968; Giess 2003).

Az őskori nefritbányászat két valószínű forrásterületének lelőhelyeiről is rendelkezésre állnak ásványos összetételbeli, szöveti és kémiai összetételbeli leírások, mérési adatok, az alábbiakban ezen lelőhelyek nefritjeivel foglalkozom behatóbban.

Svájci Alpok:

Szerpentinetekhez kötődő nefritet több lelőhelyről is ismerünk a svájci Alpokból:

Puschlav/Poschiavo:

- Alpe d’Ur felett: tömött szövetű, zöld nefrit, szerpentinben, nagy talk-lelőhely mellett (Dietrich & de Quervain 1968). Ez a lelőhely a fentebb említett D-típusú nefritet is feltáró talkbánya, Scortaseo közvetlen szomszédságában található, ennek ellenére az innen származó nefritek összetételük alapján S-típusúak **(35. ábra)**.

- Piatte di Canciano alatt (2250 m-en): a nefrit tremolit-azbeszttel együtt jelenik meg szerpentinben, krizotilazbeszt szegélyű érben, aktinolit-szaruszirt („finom rostos, zöldes hornblende”) mellett. A nefrit sűrűszöld, palás, „azbesztosodott” (Schmidt 1917; Dietrich & de Quervain 1968).

Val Malenco:

- Cima Val Fontana-tól 1 km-re nyugatra: részletes leírás nem áll rendelkezésre, a kísérőközet Scortaseo-hoz hasonlóan dolomitmárvány (Dietrich & de Quervain 1968), valószínű tehát, hogy ezen a lelőhelyen is D-típusú nefrit fordul elő.

- Fuorcla Fellaria: aktinolit-pala, szerpentinit és biotit-gneisz kontaktusán (Dietrich & de Quervain 1968).

Oberengadin:

- Furtschellas im Oberengadin: szerpentinitben lencsékben, telérekben megjelenő, tömött szövetű, sötétzöld nefrit-változat, amely aktinolit-pala átalakulásával keletkezett (Staub 1915; Dietrich & de Quervain 1968).

- Lago di Cavloc: részletes leírás nem áll rendelkezésre (Dietrich & de Quervain 1968).

Oberhalbstein (Alpi di Platta):

- Cuolms-tól délre, patakmederben: szerpentinitben lencsékben megjelenő sötétzöld, tömött szövetű nefrit, a szerpentinit és a nefrit kontaktusán zöld talkpala található (finom pikkelyes, zöld talk, spinell-reliktumokkal és titanittal). Mikroszkópos vizsgálattal a nefritben csak elszórt, magányos magnetitszemcséket lehet találni, egyéb kísérőásvány nincs (Dietrich & de Quervain 1968).

- Fuorcla da la Vallette-től délre: részletes leírás nem áll rendelkezésre (Dietrich & de Quervain 1968).

- Fuorcla da Faller-től délre: tektonizált, durvaszemcsés diallág-gabbróhoz kötődő szürke mészfilit, talkpala és feketés-zöldes, mállott, palás nefrit (Dietrich & de Quervain 1968).

- Fuorcla an der Muntognas digls Lajets: erősen tektonizált szerpentinitben vékony sávokban, lencsékben megjelenő sötétzöld nefrit. Tipikus aktinolit-nefrit (Dietrich & de Quervain 1968).

- Ruine Marmorera: pillow-láva és szerpentinit kontaktusán talkpalával megjelenő, 20-30 cm széles sávban zöld, tömött szövetű nefrit (Dietrich & de Quervain 1968).

- Faller völgy (Val da Faller, Val Faller): A völgyben több helyen is található nefrit a felszínen: Mühlen (Mulegns) község közelében egy útbevágásban (Welter 1911a; Dietrich & de Quervain 1968; Giess 2003), valamint a Forschella-csúcs lábánál (Welter 1911a; Dietrich & de Quervain 1968). A Mühlen közeli útbevágásban mezozoós és harmadkori kőzetekben szerpentinit és spilit-testek találhatók, a kontaktusukon szürke, zöld és vörös csomóspalákkal. A nefrit-test a szerpentinit és a spilit között található, 1908-ban 1 m széles, 4 m hosszú övben bukkant a felszínre, becsült térfogata 20 m³ volt (Welter 1911a). 1972-ben az út szélesítése miatt a nefrit-test nagy részét letermelték, de maradványai 2003-ban még láthatóak voltak a felszínen (Giess 2003).

A néhol palás spilit és a nefrit közötti mintegy 2 cm széles, epidotban gazdag átmeneti zónában nagyon kevés kalcit is megfigyelhető. A spilit alapanyagát földpát, epidot, augit és klorit alkotja, az augit-fenokristályok uraltosodtak, peremükön aktinolit alakult ki. A pikotit és a gránát hiányzik, de magnetit és leukoxén megjelenik a spilitben.

A szerpentinitben gyakori az olivin, a diállag és az augit. A szerpentinit és a nefrit között nincs éles határ, az átmenet fokozatos a két kőzet között.

A nefrit fő alkotója a párhuzamos kötegekben megjelenő aktinolit, és gazdag kloritban is. Magnetit, pikotit és zöld Ca-Al-gránát is megfigyelhető.

A Faller völgyi (Val da Faller) nefrit makroszkóposan különösen változatos: sötétzöld, palás, szálas-rostos megjelenésű kőzet váltakozik nagyon világos zöld, szinte fehér, párhuzamosan rostozott, illetve a hagymazöldtől pisztáciazöldig változó színű, extrém palás, leveles elválást mutató kőzetekkel, utóbbi típus jellegzetes a Forschella-csúcs lábánál (Welter 1911a; Dietrich & de Quervain 1968). 2003-ban a Mühlen-i útbevágásban minden típus fellelhető volt: fehér tremolit-szálakból álló „hegyi bőr”, vörös és zöld palák a szerpentinit kontaktusán, extrém palás zöld nefrit, fehér, mállott nefrit, illetve a mállott rétegek alatt a zöld, palás változat (Giess 2003).

Sblocs-nál (Mühlen felett), erősen palás, fehéres-zöldes nefrit található szerpentinitben (Dietrich & de Quervain 1968).

- Salux (Salouf) közelében a szerpentinit gabbróhoz kötődik, a szerpentinit és a gabbró érintkezési zónájában zöld és vörös csomópala alakult ki. A modern időkben elsőként (1908-ban) felfedezett nefrit-blokk 50*30*20 cm nagyságú volt, a nefrit sötétzöld, kimondottan palás és nagyon szívós (Welter 1911a). Mikroszkópos megjelenése tipikus nefritszövetet mutat: párhuzamosan elhelyezkedő szálas-rostos ásványok alkotják. Kísérőásványokban szegény: sárgászöld gránát, barna spinell (pikotit), magányos magnetit-foltok és klorit jelenik meg a palássági síkok mentén (Welter 1911a). Sárgászöld gránátokat a Bódeni tavi nefritekben is leírtak (Kalkowsky 1906; Welter 1911a).

- Piz Martegnas: nefrit-előfordulás szerpentinitben, részletes leírás nem áll rendelkezésre (Dietrich & de Quervain 1968).

- Crap Farreras-tól délre: diabázban található 20 cm-es szerpentin-sávhoz kötődő sötétzöld, tömött szövetű nefrit, amely a magjában tökéletesen tiszta, csak a szélein tartalmaz kloritfészkeket, kevés karbonátot és néhány spinell-szemcsét (Dietrich & de Quervain 1968).

Cseh-masszívum peremterületei:

- A Cseh-masszívum nyugati részén, a német-cseh határ közelében, a bajorországi Frankenwald völgyben fekvő Schwarzenbach an der Saale: A müncheni gneiss-masszívtól északra kloritpala, szerpentin és saussuritosodott gabbró bukkon a felszínre. Schwarzenbach an der Saale közelében a kloritpalában egy nagyméretű szerpentin-lencse látható, amelyben jelentős mennyiségű nefrit található. A szerpentin nagyon tiszta, piroxén átalakulásából keletkezett antigorit, rendkívül egyenletes szerkezettel (Welter 1911a).

A nefrit ezen a terepen nehezen felismerhető, a felszíni mállás annyira előrehaladott, hogy a mállási kéregből vett minták késsel karcolhatóak. A felpuhult, mállott anyag teljesen fehér, azbesztszerű, morzsálékos, de nagyobb blokkok középső részén még megtalálható az üde, típusos zöld nefrit is (Welter 1911a). A nefrit mikroszkóposan tipikus aktinolit-szerkezetet mutat, „általános nefrit-struktúrával”, azaz az aktinolit-szálak gyakran fodrokba, csomókba rendeződnek. Különös ismertető jegye ennek a nefritnek a zöld-világosbarna, illetve zöldszíntelen pleokroizmusú hornblende megjelenése, amelyhez hasonló megjelenésű hornblende a saussuritosodott gabbróban diallag átalakulási termékeként jelenik meg. A kőzetben gyakran található klorit, magnetit és leukoxén is (Welter 1911a).

- A Cseh-masszívum északkeleti részén, a lengyelországi (Wroclawtól mintegy 30 km-re délre található) Jordanów (régóta német néven „Jordansmühl in Schlesien”): a község bányájában a Sowia Góry gneiss blokk északi határán felszínre bukkanó szerpentin (Szudéta Ofiolitos Sorozat, Śleza Mt. Ofiolit Csoport) termelik (Gunia 2000). A bányában sötétzöld vagy szürke antigoritos szerpentin az uralkodó kőzetkifejlődés, ezt 2-3 m vastag fehér, finomszemcsés plagiogranit-, illetve kvarc-zoizit-kőzetelések törik át (Sachs 1902; Gunia 2000). A telérek körül metasomatizált kontakt zóna alakult ki (kvarc-zoizit, kvarc-zoizit-tremolit, talk-pala, talk-klorit-pala övekkel a plagiogranit-telérektől kifelé, a szerpentin-felé haladva). Nefrit általában a szerpentinben a kontakt zóna mentén fordul elő (azaz S-típusú nefrit), szabálytalan telérek, közbetelepülések, „zsebek” formájában. A „zsebek” mérete a 40 cm-t nem haladja meg, a telérek vastagsága is legfeljebb 40 cm, míg hosszuk elérheti a 2,5 m-t is. (Gunia 2000)

A nefrit színe általában a sötétzöldtől („granulit”-hoz kötődő nefrit: Traube 1885a), a halvány világoszöldön át (szerpentinben képződött „piroxén-amfibol kőzet”- amelyben az egykori, amfibollá alakult piroxének már nem felismerhetők: Traube 1885a) a fehérig terjed, néhol apró fekete foltokkal (Traube 1885a; Gunia 2000). Szürkés-kék, rózsaszín és kékes változatok is előfordulnak. (Gunia 2000). Foliált, palás illetve tömött szerkezetű változatok egyaránt előfordulnak. A szerpentinhez kötődő nefritben piroxén utáni pseudomorfozások (apró, párhuzamosan rendezett magnetit-füzérek) előfordulnak ugyan, de sok helyütt ezek is teljesen

hiányoznak. A szálás amfibol kristályok gyakran párhuzamos rost-kötegekbe rendeződnek, a kötegek végein a szálak szétseprűződnek; másutt az amfibol-szálak hajladoznak, néhol legyezőszerű vagy kesze-kusza halmazokat alkotnak. Előfordul, hogy az amfibol-szálak zömök szemcséket burkolnak be (Traube 1885a).

- Żłoty Stok (régí német névén „Reichenstein in Schlesien”) szintén Jordanów közelében található. A Kłodzko-Żłoty Stok gránit-intrúzió és a Szudéta Ofiolitos Sorozat részét képező szerpentinít bukkan a felszínre (Gunia 2000). A szerpentinít mellett piroxenit is megtalálható. A piroxenit fő ásványa a diopszid, mellette tremolit és klorit található még a kőzetben. A szürkészöldtől zöldesfehérig terjedő színű diopszid gyakran durva- és széles szálás felépítésű, akár több cm-es kristályok is előfordulnak a kőzetben. Ezen kívül a kőzet helyenként nagyon finomszemcsés, tömött szövétű, amelynek az ásványos összetétele makroszkóposan alig-alig ismerhető fel: a rostos-szálás kőzetben a diopszid gyakran átalakul durva rostos, világos zöldes színű tremolitá, (vagy „rostos-szálás hornblendév”).

A világos szürkés-zöldes nefrit egy 7 cm széles „telep” alkot a piroxenitben. A „telep” egyes részein a nefrit vöröses árnyalatú és nagyon gyengén palás. A nefrit legtöbbször tömött szövétű és csak néhány helyen látszik rostos megjelenés, mégpedig a „telep” szélein, ahol a nefrit a piroxennel érintkezik. A kőzet kevés löllingitot tartalmaz, de helyenként ez is teljesen hiányzik (Traube 1887).

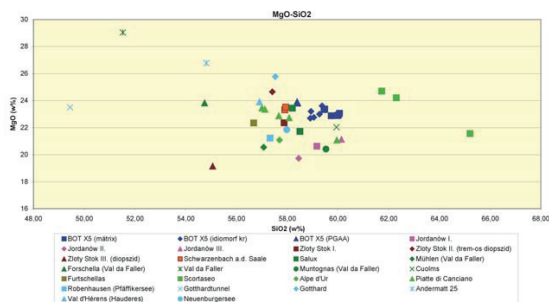
A nefrit nagyon finomrostos, a finom rostok gyakran olyan vékonyak és olyan szorosan illeszkednek, hogy nagy nagyítás mellett is alig lehet őket megkülönböztetni. A rostok részben teljesen szabálytalanul helyezkednek el, részben kissé excentrikusan. A szerkezet nem mindig egységes, a finomrostos alapanyagban olykor nagyobb, „nád-szerű” amfibol-kötegek, csomók is megjelennek. Nem ritkán elszórtan apró, táblás piroxének található a kőzetben. A ritkábban előforduló nagyobb méretű augitok hasadása mentén finomrostos amfibol alakul ki. A löllingit általában idiomorf kristályokat alkot. Átalakuló piroxénből kialakult magnetit csak ritkán jelenik meg (Traube 1887).

Mikroszkópos vizsgálat során egyértelművé válik, hogy a nefrit a tömött szövétű diopszid átalakulásával jön létre. A tömött szövétű diopszid-aggregátum nagyon finomszemcsés. A finomrostos amfibollá-alakulás 1 nikollal is felismerhető. A finomrostos, filcszerű szövétű kialakító amfibol-kötegek gyakran piroxént zárnak magukba, de helyenként az átalakulás már annyira előrehaladt, hogy a piroxént már nem lehet felismerni. Ez a kifejlődés nagyon hasonlít a Jordansmühl-i (Jordanów-i) „piroxén-amfibol kőzet”-re (tömött szövétű piroxén-kőzet uralitosodásával keletkezett) (Traube 1887).

A terület későbbi tanulmányozói sajnos már nem találtak nefritet a Klódzko–Złoty Stok gránit-intrúziót fedő területeken (Gunia 2000).

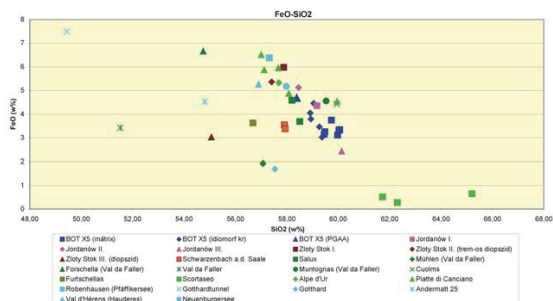
Kőzetkémiai elemzési eredmények (lehetséges forrásterületek)

A Balatonöszöd–Temetői dűlői ásatás során előkerült badeni nefrit-balta teljes kémiai (és elektron-mikroszondás) elemzési eredményeit összehasonlítottuk a lehetséges forrásterületek nefritjeiről, illetve kísérőkőzeteiről az irodalomban fellelhető elemzések adataival. Az adatokból a bazaltok részletes elemzésénél alkalmazott módon diagramokat szerkesztettem. Terjedelmi okokból ezen diagramok közül csak a magnézium- és vastartalmat a szilícium-tartalom függvényében ábrázolókat közlöm (36–37. ábra).



36. ábra

Teljes-kőzet összetétel (nefritek). MgO-koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében. (Az ábrán szerepelnek a BOT X5-ös minta ásványkémiai adatai is.)



37. ábra

Teljes-kőzet összetétel (nefritek). FeO-koncentráció a SiO_2 -tartalom függvényében. (Az ábrán szerepelnek a BOT X5-ös minta ásványkémiai adatai is.)

A fent részletesebben bemutatott lelőhelyek közül a következőkről készültek teljes kőzet kémiai elemzések:

Cseh-masszívum peremterületei:

- Jordánów/Jordansmühl in Schlesien, Lengyelország: halvány világoszöld nefrit („piroxén-amfibol-kőzet”: I.); sötétzöld, tömött szövétű, piroxén átalakulásából visszamaradt magnetit-

fűzéreket tartalmazó nefrit („granulithoz kötődő piroxén-nefrit”: II.); fehér, tremolit-nefrit („primér nefrit”: III.) (Traube 1885a, 1885b).

- Złoty Stok/Reichenstein in Schlesien, Lengyelország: világos szürkészöldes nefrit („piroxén-amfibol-kőzet”: I.); (tremolit-azbeszttel bevont diopszid: II.); (üde diopszid-piroxenit: III.) (Traube 1887).

- Schwarzenbach an der Saale (Frankenwald, Bajorország, Németország): zöld nefrit (Welter 1911a).

Svájci Alpok:

- Salux/Salouf (Oberhalbstein/Alpi di Platta, Graubünden/Grisons kanton, Svájc): tömött szövetű, sötétzöld nefrit (Welter 1911a).

- Mühlen/Mulegns (Val da Faller/Val Faller, Oberhalbstein/Alpi di Platta, Graubünden/Grisons kanton, Svájc): palás, sötétzöld nefrit (Welter 1911a).

- Forscheilla (Val da Faller/Val Faller, Oberhalbstein/Alpi di Platta, Graubünden/Grisons kanton, Svájc): extrém palás nefrit (Welter 1911b).

- közelebbi lelőhely-megjelölés nélkül (Val da Faller/Val Faller, Oberhalbstein/Alpi di Platta, Graubünden/Grisons kanton, Svájc): „nefrit” (Welter 1911a)

- (Fuorcla an der) Muntognas digls Lajets (Val da Faller/Val Faller, Oberhalbstein/Alpi di Platta, Graubünden/Grisons kanton, Svájc): tömött szövetű, zöld aktinolit-nefrit (Dietrich & de Quervain 1968).

- Cuolms (Oberhalbstein/Alpi di Platta, Graubünden/Grisons kanton, Svájc): tömött szövetű, zöld aktinolit-nefrit (Dietrich & de Quervain 1968).

- Furtshellas im Oberengadin (Oberengadin, Graubünden/Grisons kanton, Svájc): tömött szövetű, zöld nefrit (Staub 1915; in Dietrich & de Quervain 1968).

- Scortaseo (Puschlav/Poschiavo, Graubünden/Grisons kanton, Svájc): D-típusú nefrit (zöld, fekete és világoszöld változatok) (Dietrich & de Quervain 1968).

- Alpe d’Ur (Puschlav/Poschiavo, Graubünden/Grisons kanton, Svájc): tömött szövetű, zöld nefrit (Staub 1917, in Dietrich & de Quervain 1968).

- Piatte di Canciano (Puschlav/Poschiavo, Graubünden/Grisons kanton, Svájc): nefrit (tömött szövetű, zöld, szürke, „gumós”, szálas és azbesztszerű változatok) (Schmidt 1917, in Dietrich & de Quervain 1968).

Dietrich és de Quervain 1968-as összefoglaló munkájukban (Dietrich & de Quervain 1968) részletes leírás (egyes esetekben leírás) nélkül közölnek mérési adatokat más lelőhelyekről is: Robenhausen (Pfäffikersee) (Heierli 1902); Gotthardtunnel: sárgászöld nefrit (Heierli 1902; Schneider 1912); Gotthard (Heierli 1902; Schneider 1912); Andermatt 25: nefrit és aktinolit,

szürkészöld (Schneider 1912); Haudèrs (Val d'Hérens): tömött szövetű, szürkészöld nefrit (Preiswerk 1926); Neuenburgersee: sötétzöld-fekete nefrit-kavics (Meyer 1884).

V.4. Az eredmények értékelése, a legvalószínűbb forrásterület

Makroszkópos megjelenés, ásványos összetétel és szöveti bélyegek alapján (a fentebb részletesen jellemzett lelőhelyeket figyelembe véve) a Balatonöszöd–Temetői dűlő lelőhelyről napvilágra került nefrit vésőbaltá nyersanyagához leginkább hasonló nefritek lelőhelyei: Jordanów, Złoty Stok és Cuolms (ez utóbbinál azonban a leírás nem elég részletes).

A rendelkezésre álló kémiai elemzési adatok alapján (**35–37. ábra**) a Balatonöszöd–Temetői dűlő lelőhelyről napvilágra került nefrit vésőbaltá nyersanyagához leginkább hasonló összetételű nefritek Salux, és Piatte di Canciano lelőhelyről vizsgált nefritek. Nagyon hasonló összetételűek a Cseh-masszívum peremterületeiről (Jordanów, Złoty Stok, Schwarzenbach a. d. Saale) előkerült nefritek, valamint Cuolms, Muntognas, Alpe d'Ur, Neuenburgersee lelőhelyekről vizsgált nefritek.

Salux kizárható a lehetséges nyersanyag lelőhelyek közül a kísérőásványok (gránát, spinell, klorit) miatt, Piatte di Canciano palássága, azbesztszerűsége miatt. Cuolms, Alpe d'Ur, Muntognas és Neuenburgersee csak a vizsgált minták színe alapján lenne kizárható (mivel a leírások nem elég részletesek).

Összefoglalóan tehát a makroszkópos megjelenés, ásványos összetétel, szöveti bélyegek és teljes kémiai összetétel alapján a legvalószínűbb nyersanyagforrások Jordanów, Złoty Stok és Cuolms.

Jordanói nefritből készült kőbaltákat találtak Jordanówtól mintegy 15 km-re északra (neolitikum), Lengyelország középső területein (Gniezno közelében, ún. „Dunai kultúra”, feltehetően vonaldíszes csoportok), valamint Felső-Sziléziában (Tölcséres szájú edények kultúrája, Zsinegdíszes edények népének kultúrája: Foltyn et al. 2000; Gunia 2000). A Tölcséres szájú edények kultúrájának kortársa a Kárpát-medencében a Lengyel kultúra volt, és egyik csoportjából alakult ki feltehetően keveredéssel a Boleráz morva területen. A Tölcséres szájú edények kultúrájából kifejlődött Zsinegdíszes edények népének kultúrájának kortársa a Baden kultúra, amelynek erősített települését a Zsinegdíszes edények népének kultúrája fentebb említett lelőhelyeinek közelében tárták fel, a „Morvaországi kapu”-ban, amely átjárót képez a Cseh Masszívum és a Kárpátok között, összekötő utat biztosítva Közép-Európa északi sík területei és a Kárpát-medence között (Prichystal 2000). Tehát a kulturális összeköttetés is biztosított volt a Baden kultúra és a Jordanów melletti nefrit-lelőhelyek között

(szemben a Svájci Alpokban található Cuolms lelőhellyel, amely csak a Boleráz időszakban és a cirkumalpi kapcsolatrendszerben lett volna elérhető).

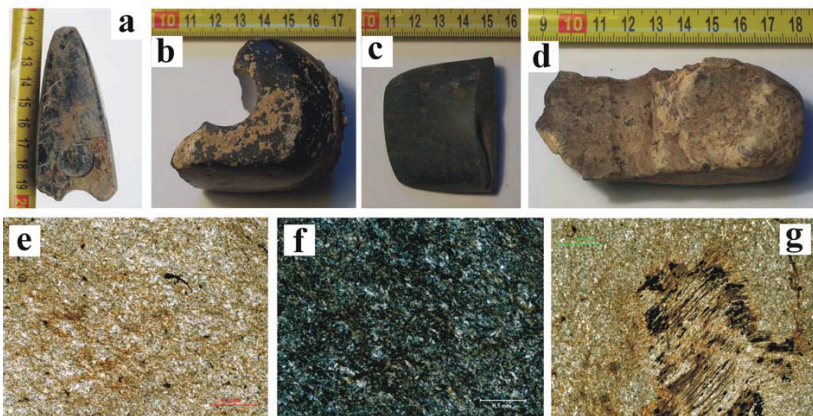
Meg kell jegyeznem, hogy a nefrit-testeket magában foglaló, a Sowie Góry gneisz blokk északi határán felszínre bukkanó szerpentiniteket – hasonlóan a Sowie Góry gneisz blokk keleti és déli határán felszínre bukkanó szerpentinitekhez – bizonyítottan használták a neolitikumban kőbaltakészítésre (Majerowicz et al. 2000; Skoczylas et al. 2000). A terület szerpentiníteit bizonyítottan bányászták (Wojciechowski 1995), és a belőlük készített csiszolt kőeszközök nagy távolságra (akár 340 km-re) is eljutottak (Skoczylas et al. 2000). A Zsinegdíszes edények népének kultúrája idejében szerpentinít-kitermelő és -megmunkáló központ működött a területen, amelynek legfőbb termékei az úgynevezett „Śleza-típusú” nyéllyukas balták voltak (Skoczylas et al. 2000).

Részösszefoglalás – nefrit

Végeredményként megállapíthatjuk, hogy a vizsgált nefrit vésőbalták nyersanyaga ásványos összetétele, szövete, kémiai összetétele, valamint a Baden kultúra idején fennálló nyersanyag-termelés és kulturális összefüggések alapján nagy valószínűséggel a lengyelországi Jordanów közelében fekvő geológiai lelőhelyről származik (**41. ábra**).

VI. SZERPENTINIT

Balatonőszöd – Temetői dűlő lelőhely leletanyagában 4 darab szerpentinít anyagú kőbalták található:



38. ábra Szerpentinít anyagú kőbalták a) Makroszkópos fotó: BOT 9 b) Makroszkópos fotó: BOT X3 c) Makroszkópos fotó: BOT X4 d) Makroszkópos fotó: BOT X7 e-f) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (e: 1N, f: +N): egyenletes szemcséméretű antigorit-kristályok. (BOT 9) g) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): ortopiroxén utáni lamellás pszeudomorfoza szerpentiníten. (BOT 9)

BOT 9: javított, újra használt nyéllyukas balta (B-1228, Baden, **38a ábra**),
BOT X3: nyéllyukas balta töredék (B-2716, Boleráz, **38b ábra**),
BOT X4: újracsiszolt (javított) vésőbalta (B-2412, Boleráz, **38.c ábra**),
BOT X7: megégett nyéllyukas balta töredék (R-925, Baden, **38.d ábra**).

VI.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei

Makroszkópos jellemzők:

- 1. balta (BOT 9): nagyon finomszemcsés, fekete színű kőzet. A kőzetben világos zöldesszürke, szabálytalan alakú részek is vannak, amelyek színe a felületen helyenként barnásra változik (**38.a ábra**).
- 2. balta (BOT X3): nagyon finomszemcsés, fekete színű kőzet, nagyon halvány, zöldes árnyalattal. Felületén foltokban sötét vörösbarna elszíneződés látható, a foltok határai diffúzak, nem élesek. Az eltemetődés során fehér, meszes bevonat képződött a lelet felületén (**38.b ábra**).
- 3. balta (BOT X4): nagyon finomszemcsés, sötétszürke (nedvesen fekete) színű kőzet. Felületén apró, pontszerű, világos vörösbarna, sárgásbarna elszíneződések láthatók, amelyek pontthalmazokat alkotnak (**38.c ábra**).
- 4. balta (BOT X7): világosbarna, vajszerű, törött felületen rózsaszín, valószínűleg megégett, ettől repedezett kőzet. A finomszemcsés alpanyagban 3-5 mm-es fekete csomók, szemcsék látszanak, ezek valószínűleg egykori színes elegyrészek (piroxének) maradványai (**38.d ábra**).

Mikroszkópos jellemzők:

A 3. baltából (BOT X4) a példány épségének megőrzése érdekében nem készült vékonycsiszolat, a másik három balta mikroszkópos felépítése (ásványos összetétel, szövet) pedig gyakorlatilag megegyező, ezért egyben tárgyaljuk őket.

A kőzet fő tömegét finomszemcsés szerpentin-ásványok alkotják (egy nikollal halvány sárgás vagy szintelen antigorit-pikkelyek, lemezek, **38.e-f ábra**), e mellett klorit is megjelenik a kőzetben. Jellemzőek a nagyméretű (akár 2-3 mm-es) szételegyedett ortopiroxén utáni lamellás szerkezetű pszeudomorfózák: a piroxénből származó vas – mivel a szerpentinbe nem tud belépni – másodlagos magnetit formájában vált ki, sorokba rendeződve, a lamellák mentén (**38.g ábra**). A magnetit helyenként limonittá alakult. Helyenként olivin utáni pszeudomorfózák is megjelennek.

VI.2. Kőzetkémi elemzés (PGAA) és mágneses szuszceptibilitás (MS)

A Balatonőszöd–Temetői dűlő lelőhelyről előkerült szerpentinit anyagú balták közül háromról készült PGAA-mérés (BOT 9, BOT X3, BOT X4, **2. táblázat**). A negyedik, megégett baltáról nem készítettünk teljes-kőzet-elemzést a szabad szemmel is szembetűnő elváltozások esetleges összetétel-változtató hatása miatt.

Mindhárom PGAA-val vizsgált balta típusos szerpentinit-összetételt mutat: magas szilícium-, magnézium- és víztartalom mellett gyakorlatilag csak vasat tartalmaznak, amit a másodlagos magnetit (limonit) megléte magyaráz.

A kőzetek mágneses szuszceptibilitás (MS) értéke (a szükséges korrekciók: Bradák et al. 2005; Bradák et al. 2009 elvégzése után) változatos képet mutat (de mindhárom balta MS értéke viszonylag nagy): a BOT 9-es balta MS-értéke: $13,85 \cdot 10^{-3}$ SI egység; a BOT X3-as balta MS-értéke: $57,25 \cdot 10^{-3}$ SI egység; a BOT X4-es balta MS-értéke: $29,23 \cdot 10^{-3}$ SI egység. Ezek az értékek megfelelnek mind a Mihálydy-gyűjtemény ($20,54 \cdot 10^{-3}$ – $85,62 \cdot 10^{-3}$ SI egység, átlag: $56,22 \cdot 10^{-3}$ SI egység; Bradák et al. 2005), mind az Ebenhöch-gyűjtemény (általában nagy, $20\text{--}90 \cdot 10^{-3}$ SI egység, csak néhány esetben alacsony (akár $0,02 \cdot 10^{-3}$ SI egység), Friedel 2008, Friedel et al. 2008) szerpentinit anyagú csiszolt köeszközein mért értékeknek, kivételt csak a BOT 9-es balta képez, a többihez képest alacsonyabb MS-értékével.

VI.3. Lehetséges forrásterületek

A szerpentinit szinte az egész Kárpát-medencében elterjedt csiszolt köeszköz nyersanyag, de egy-egy lelőhelyen általában csak kevés szerpentinit-anyagú lelet kerül napvilágra, kivéve a nyugati, észak-nyugati területeket, ahol nagyobb számban fordulnak elő a leletanyagban (Szakmány et al. 2001; Friedel 2008; Friedel et al. 2008; Szakmány 2009). A szerpentinit anyagú köeszközök alakja (funkciója), mérete és színe is változatos, makroszkóposan egy-egy lelőhelyen általában több típusuk is elkülöníthető, mikroszkópos felépítésük azonban kevésbé változatos. A szerpentinitiek finomszemcsések, színük általában zöld, vagy zöldes árnyalatú, illetve zöldesfekete vagy fekete, gyakran azonban egy kőzeten belül is változik (a színváltozásoknak csak egy részét okozza felületi átalakulás: egészen világos, sárgás, fehéres felületű példányok is előfordulnak: Szakmány 2009).

Ásványos felépítésükben uralkodóan serpentinásványok (krizotil, antigorit) vesznek részt, egyes példányokban relikv piroxén, másokban magasabb metamorf fokra utaló újonnan képződött amfibolok is előfordulnak. A dunántúli lelőhelyekről előkerült nagy magnézium-

tartalmú változatokban gyakoriak az olivin és ortopiroxén utáni pszeudomorfózák (Nikl et al. 2002). Ez az ásványos- és kémiai összetétel harzburgitos összetételű ultrabázisos kiindulási kőzetre utal (Szakmány 2009), szemben a főként az Alföldről előkerült lherzolitos összetételű kiindulási kőzetre utaló (több reliktumot és klinopiroxének utáni pszeudomorfózát tartalmazó) szerpentinitből készült kőeszközökkel.

A Balatonöszöd–Temetői dűlő lelőhelyről előkerült szerpentinit anyagú balták a fentiek alapján a Dunántúli lelőhelyekre jellemző, harzburgitos összetételű ultrabázisos kiindulási kőzetre utaló típusba tartoznak.

A Kárpát-medence környezetében több helyen is nagy mennyiségben találhatók a felszínen szerpentinitek. A lehetséges forrásterületek megkülönböztetését megnehezíti, hogy a harzburgitos eredetű szerpentinitek ásványos és kémiai összetétele nagyon hasonló egymáshoz. Az ismert szerpentinit-lelőhelyek a következők:

1. A Keleti-Alpokban (elsősorban a Pennini tektonikai ablakokban) több szerpentinit-lelőhely is ismert, ezek között nagytömegű előfordulások is vannak. A Pennini tektonikai ablakokban előforduló harzburgitos eredetű szerpentinitek mikroszkópi megjelenésére jellemző az ortopiroxén utáni pszeudomorfóza (részletesebben lásd később) (Szakmány 2009; Bernardini et al. 2011).
2. Alsó-Sziléziai szerpentinitek (Sowie Góry gneisz blokk belső- és peremterületei, Lengyelország, részletesebben lásd később: Majerowicz et al. 2000; Skoczylas et al. 2000; Přichystal & Gunia 2001; Szakmány 2009).
3. A Kárpát-medencétől délre, a Vardar övben óriási mennyiségű, elsősorban ofiolitos eredetű, lherzolitos összetételű kiindulási kőzettel rendelkező metaultrabázit-szerpentinit fordul elő. Ezzel gyakorlatilag szinte azonos összetételű, de kisebb tömegű előfordulás a Maros völgyi ofiolit komplexumban van (Szakmány 2009). Mivel a vizsgált leletek ásványos összetétele harzburgitos eredetre utal, ezek a lelőhelyek kizárhatóak a nyersanyag lehetséges forrásterületei közül.
4. Dél-Szlovákiában a Keleti-Alpok Penninikumában előforduló szerpentinitekhez hasonló ásványos összetételű és szöveti szerpentinitet találunk, minőségét tekintve azonban annál gyengébb, és felszíni előfordulása is nagyon gyér (Szakmány 2009).
5. A Medvednicában valamint a Kárpát-medencétől nyugatra előforduló nem Penninikumi szerpentinitek erős tektonizáltságuk miatt nem alkalmasak kőeszközök készítésére (Szakmány 2009).

1. Az első forrásterületen (a Keleti-Alpokban) 4 lelőhely-csoportban található szerpentinit a felszínen:

1/1. Pohorje (Kelet-Szlovénia): A Slovenska Bistrica Ultramafikus Komplexumban mintegy 5 km²-es területen változatos metamorfizálódott ultramafikus kőzetek, köztük szerpentinitek vannak a felszínen. A gyengén feltárt szerpentinitek összetétele lizarditos, hálózatos pszeudomorfózis szövetűek, sok olivin- és ortopiroxén-relikttal (Bernardini et al. 2011). Ez a szöveti és összetételei típus eltér a vizsgált kőbalták anyagától, tehát ez a terület kizárható a lehetséges forrásterületek közül.

1/2. Burgenland (Kőszeg-Rohonci tektonikai ablak, Ausztria): négy, egymáshoz közeli szerpentinit-kibúvás: Borostyánkő (Bernstein) közelében, a Steinbach-bányában, Rumpersdorftól északra, valamint Badersdorftól keletre.

A Borostyánkő környéki szerpentinitek lizarditos, pszeudomorfózis szövetűek, valószínűleg ortopiroxénből képződött bastittal.

A Steinbach-bányában pszeudomorfózis szövetű, változatos metamorf fokú kőzetek találhatóak, a szerpentinitesedett peridotitoktól (részlegesen metamorfizálódott olivinnel és lizardittal) a valódi szerpentinitekig.

Rumpersdorf környékén a metamorf kőzetek ásványtani- és kőzettani értelemben is változatosak: megtalálhatóak a borostyánkőivel megegyező lizarditos, pszeudomorfózis szövetű szerpentinitek, de egymást keresztező (egymáson átnövő) antigorit-kristályokból álló szövet is előfordul, illetve a két szövet közötti átmeneti típusok.

Badersdorf környékén egymásba fonódó antigorit-kristályokból álló szövettípus jellemző, nagyon gyakran teljesen átalakult ortopiroxénből képződött bastittal (Bernardini et al. 2011).

Balatonőszödhez ez a forrásterület esik legközelebb, de a lizarditos, pszeudomorfózis szövetű, sok olivin-relikttal tartalmazó típusok kizárhatóak a vizsgált kőbalták nyersanyagának forrásai közül. Az antigoritos, átnövéses szövetű vagy egymásba fonódó kristályokból álló szövetű változatok pedig a lamellásan szételegyedett ortopiroxén utáni pszeudomorfózis hiánya miatt zárhatóak ki a lehetséges nyersanyagforrások közül. Az átmeneti típusok között azonban előfordulhatnak a Balatonőszöd – Temetői dűlő lelőhelyről előkerült szerpentinit-baltákhoz hasonló nyersanyagok, e miatt és a forrásterület közelsége miatt a Kőszeg-Rohonci tektonikai ablak nem zárható ki a lehetséges nyersanyagforrások közül.

1/3. Stájerország (Styria, Ausztria): három, egymáshoz közeli szerpentinit-kibúvás a Speik Komplexumban: Kraubath, Pernegg és Höchgrössen környékén.

Kraubath és Pernegg környékén változatosan metamorfizálódott dunitok és harzburgitok találhatóak, jellemzően lizarditos, pszeudomorfózis szövettel és nagy mennyiségű olivin-, ortopiroxén- és króm-spinell-reliktummal. Előrehaladottabb szerpentinitedést mutató, antigoritos kőzetek ritkán ugyan, de ezeken a lelőhelyeken is előfordulnak.

A Höchgrössen környéki szerpentinitek antigoritosak, jellemző az egymást keresztező (egymáson átnövő) kristályokból álló szövet, nagy mennyiségű olivin-reliktummal. Orto- és klinopiroxén-reliktumok is előfordulnak a kőzetekben (Bernardini et al. 2011).

Ez a terület is kizárható a vizsgált kőbalták nyersanyagának lehetséges forrásterületei közül, elsősorban a nagymennyiségű relikv olivin és piroxén miatt.

1/4. Hohe Tauern terület (Carinthia, Salzburg és Kelet-Tirol, Ausztria): változatosan metamorfizálódott ultramafikus kőzetek találhatóak a felszínen, nagyszámú lelőhelyen. Csiszolt köeszköz készítésre alkalmas kőzetek három lelőhelyen találhatóak: Felbertal (Felber-völgy, Hintersee-Zwölferzug Csoport), Kalstal (Kals-völgy, Matrei Csoport), Mölltal, Heiligenbluttlól délre (Möll-völgy, Matrei Csoport) (Bernardini et al. 2011).

A Hintersee környékén (Felbertal) antigoritos szerpentinitek találhatóak, tömött, egymásba fonódó kritályokból álló szövettel, és jellegzetes, gömbszerű opakásványokkal.

A Kals-völgyi antigoritos szerpentinitek közép- vagy durvaszemcsések, egymást keresztező (egymáson átnövő) kristályokból álló, vagy egymásba fonódó kritályokból álló szövettel. Ezekben a kőzetekben opakásványok, valamint orto- és klinopiroxén utáni bastit is előfordul.

A Möll-völgyi szerpentinitek antigoritos összetételűek, egymást keresztező (egymáson átnövő) kristályokból álló, vagy egymásba fonódó kritályokból álló szövettel. Gyakori összetevő a foltokban, vagy mikrolitként megjelenő klinopiroxén, amely gyakran antigorit-pikkelyekkel van átszőve. Vékony, párhuzamos klinopiroxén-sávok is találhatóak a kőzetben, amelyek szételegyedett ortopiroxén utáni pszeudomorfózáként értelmezhetők. A magnetit általában kis, szabálytalan alakú foltokban jelenik meg, nagyobb szemcséi körül nagy magnézium-tartalmú klorit (penninit) szegéllyel. Egyes változatai foliáltak (a foliációs síkok mentén dúsul) nagyon kis szemcseméretű klinopiroxén és opak szemcsékkel (Bernardini et al. 2011).

Az Északkelet-Olaszországban, Nyugat-Szlovéniában és Északnyugat-Horvátországban előkerült szerpentinít anyagú kőbalták nyersanyaga a Möll-völgyből származtatható (a Keleti-Alpokban csak itt fordulnak elő olyan antigoritos szerpentinitek, amelyek egymást keresztező (egymáson átnövő) kristályokból vagy egymásba fonódó kritályokból álló szövettel rendelkeznek és nem csak klinopiroxén-reliktumokat, de ortopiroxén szételegyedéséből származó, szerpentinitedett lamellás pszeudomorfózákat, valamint kloritot (penninitet) is

tartalmaznak – ezáltal nagyon hasonlítanak a fenti területek szerpentinit kőbaltáinak anyagára (Bernardini et al. 2011).

A Hohe Tauern-i lelőhelyek közelében gazdag rézérc-lelőhelyek is találhatók, amelyeket a rézkor óta bányásznak. A Hohe Tauernből származó szerpentinit kavics formájában a Dráva mentén sok helyen gyűjthető, a Dráva-mentén több szerpentinit baltákat gyártó műhelyközpontot is feltártak (Kanzianiberg, Ausztria, kelet-szlovéniai műhelyek). Ezek a műhelyközpontok főként a tőlük délnyugatra eső területeket látták el szerpentinit kőbaltákkal (köztük egy, Hohe Tauern-i rézércet feldolgozó rézműves központot). Ausztria északkeleti részein nem jellemzőek az ezekben a műhelyekben készült kőbalták (Bernardini et al. 2011).

A Balatonőszöd–Temetői dűlő lelőhelyről előkerült szerpentinit anyagú baltákban nincs relict klinopiroxén, és hiányoznak a nagyméretű, kloritos szegélyű magnetitek is, tehát ez a terület is kizárható a vizsgált kőbalták nyersanyagának lehetséges forrásterületei közül.

2. A Balatonőszöd–Temetői dűlő lelőhelyről előkerült szerpentinit-anyagú balták makroszkópos megjelenésükben és mikroszkópos tulajdonságaikban is hasonlítanak a második lehetséges forrásterület (Alsó-Szilézia) egyes szerpentinit-típusaira.

A nefrit kapcsán már megismert Alsó-sziléziai területen (a Cseh-masszívum északkeleti részén), a Sowie Góry gneisz blokk peremterületein tektonikailag izolált helyzetű masszívumokban található szerpentinit a felszínen (Gogołów-Jordanów-masszívum a gneisz blokk északi, Braszowice-Brzeźnica-masszívum a gneisz blokk déli és Szklary-masszívum a gneisz blokk keleti peremén). A Sowie Góry gneisz blokk belső részén (Bystrzyca Górna) is található egy kis szerpentinit-lencse a gneiszben (Majerowicz et al. 2000; Přichystal & Gunia 2001). A szerpentinit ofiolitos sorozat (Szudéta Ofiolitos Sorozat, Śleza Mt. Ofiolit Csoport) ultrabázikus közeteknek átalakulásával képződött.

A terület szerpentinitjeinek megjelenése és ásványos összetétele is változatos. Színük zöld, zöldes-vörös, barna, barnászöld vagy fekete, gyakran sávosak, foltosak (Skoczylas et al. 2000). Ásványos összetétel és szövet alapján sokféle típus különíthető el:

A legelterjedtebb szöveti típusok:

- hálózatos szövetű szerpentinit, olivin- és piroxén-reliktumokkal;
- sávos és homokóra-szerű szövetű szerpentinit, amelyet lizardit és krizotil alkot, finomszemcsés basalt-pikkelyekkel (bronzit utáni serpentin-pszeudomorfózákkal);
- egymást keresztező (egymáson átnövő) vagy egymásba fonódó antigorit-kristályokból álló szövetű szerpentinit (Majerowicz et al. 2000).

Egyéb, csiszolt kőbaltá nyersanyagként is előforduló kőzet- és szöveti típusok (a teljesség igénye nélkül):

- lepidoblasztos szövetű serpentinit, fő alkotója a szálas antigorit. Ritkán oszlopos antofillit, magnetit-szemcséket és karbonát-klasztokat tartalmaz.
- nematoblasztos szövetű rodingit, amely piroxénből, kloritból és vasoxidokból áll.
- serpentinitesedett wehrlit, amely lepidogranoblasztos szövetű, antigorit-erekkel átjárt olivinből, piroxénből, spinellekből, aktinolitból és vasoxidokból áll.
- amfibolitá alakuló serpentinit, amely tremolitból, serpentín-ásványokból, biotitból és opakásványokból áll.
- lepidoblasztos szövetű serpentinit, amely antigorit pikkelyekből és lemezekből áll, kevés króm-spinellt, karbonát-klasztot és vasoxidokat tartalmaz (Skoczylas et al. 2000).

A fentiekén kívül milonitos szöveti típusok is előfordulnak (Majerowicz et al. 2000).

Mechanikai tulajdonságaik is változatosak az eltérő ásványos összetétel, töredezettség és a mállás eltérő foka következtében (Skoczylas et al. 2000).

2/1. A Szklary-masszívumban főként hálózatos szövetű serpentinitnek találhatók. Ezek alapanyagában élesen szögletes olivin-reliktumok jelennek meg, amelyeket gyakran lizardit- és krizotil-erek járnak át. A serpentines erek gyakran párhuzamosan rendezettek, a köztük lévő „ablakokban” található az olivin-reliktumok.

2/2. A Gogołów-Jordanów-masszívumban is uralkodóan hálózatos szövetű serpentinitekkel találkozhatunk, de a masszívum nyugati és központi részein elterjedt szöveti típusban lángnyelvszerűen rendezett serpentinitben sok elkülönült olivin- és piroxén-reliktum található.

2/3. A hálózatos szövet az uralkodó a Braszowice-Brzeźnica-masszívum keleti részén is.

A fennmaradó területeken a serpentinitnek szövete nagy változatosságot mutat, akár egy kőzet-testen belül is. Általában egy-egy serpentinitesedett ultrabázikus kőzettest belsejében hálózatos, vagy sávós bastitos szövet az uralkodó, míg a gneiszek kontakt zónájában a hálózatos szövetű serpentinit mellett serpentín-tremolit-palák is megjelennek (Gunia 1992; 1993, 1997; Majerowicz & Pin 1989; Majerowicz et al. 2000).

Milonitosodott serpentinitnek találhatók gneiszben Gilow közelében (Gunia 1997).

Több, mint 100 db serpentinit anyagú Alsó-sziléziai (köztük a Sowie Góry területéről származó) régészeti lelet vizsgálata során megállapítást nyert, hogy csiszolt kőeszközök készítésére a legtöbbször hálózatos szövetű serpentinitet használtak, amelyben a főalkotó másodlagos antigorit mellett reliktumok már nincsenek, csak magnetit jelenik meg egykori

törések és hasadások mentén (Majerowicz et al. 2000). Ez a szöveti típus nagyon hasonlít a Balatonöszöd–Temetői dűlőről előkerült szerpentinit-balták szövetéhez.

Az Alsó-sziléziai régészeti leletek közül vizsgált szerpentinit anyagú balták nyersanyagának több, mint 70%-a a Gogolów-Jordanów-masszívumból eredeztethető, csak kis részük köthető a másik két masszívumhoz (Majerowicz et al. 2000). Ennek magyarázata az lehet, hogy a Gogolów-Jordanów-masszívumban a szerpentinit-testek feltártasága és megközelíthetősége sokkal jobb, mint a másik két területen (Majerowicz et al. 2000; Skoczylas et al. 2000).

A Gogolów-Jordanów-masszívumban előforduló szerpentinitek minden típusa képviselteti magát a lengyelországi újkőkori, réz- és bronzkori leletanyagokban (Skoczylas et al. 2000). A terület szerpentinitjeit bizonyítottan bányászták (a Jańska Góra-n: Wojciechowski 1995) és a belőlük készített csiszolt kőeszközök nagy távolságra (akár 340 km-re) is eljutottak (Skoczylas et al. 2000). Ugyancsak a Gogolów-Jordanów-masszívumból eredeztetik a Moráviában, illetve Felső-Szilézia csehországi részén előkerült szerpentinit anyagú csiszolt kőeszközök nyersanyagát (Přichystal & Gunia 2001).

A nyersanyagot használták a Dunai kultúrában (Vonaldiszes Edények kultúrcsoportjai), a Tölcséres száju edények kultúrájában és a Zsinegdíszes edények népének kultúrájában, utóbbi idejében szerpentinit-kitermelő és -megmunkáló központ működött a Gogolów-Jordanów-masszívum területén, amelynek legfőbb termékei az úgynevezett „Śleza-típusú” nyéllyukas balták voltak (Skoczylas et al. 2000).

Az Alsó-sziléziai szerpentinitek mágneses szuszceptibilitás (MS) értékei meglehetősen változatosak (Přichystal & Gunia 2001, lásd a **13. táblázatot**). A Balatonöszöd–Temetői dűlőről előkerült szerpentinit anyagú balták közül kettő (BOT X3, BOT X4) MS-értékei jól illeszkednek a Gogolów-Jordanów-masszívum szerpentinitjein mért értékekhez, míg a BOT 9-es balta MS-értékei a Szklary-masszívum értéktartományába esnek.

Rézősszefoglalás – szerpentinitek

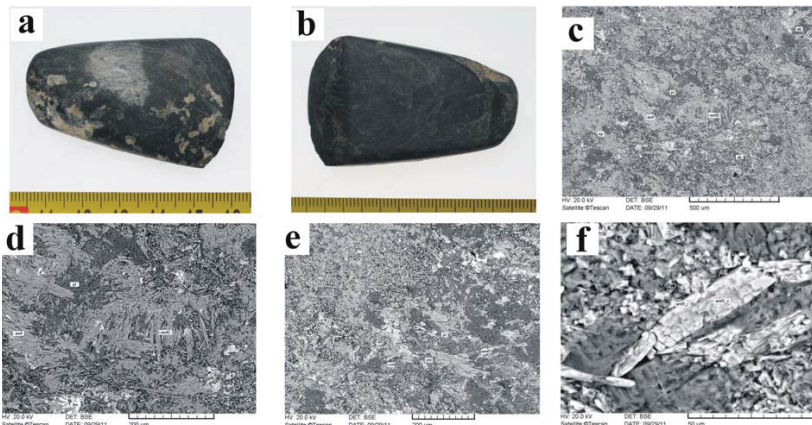
Végeredményként megállapíthatjuk, hogy a vizsgált szerpentinit anyagú kőbalták nyersanyaga ásványos összetételű, szövetű, mágneses szuszceptibilitásuk, valamint a Baden kultúra idején fennálló nyersanyag-termelés és kulturális összefüggések alapján – nagy valószínűséggel a lengyelországi Gogolów-Jordanów-masszívumból származik (egy balta esetében a közeli Szklary-masszívum sem zárható ki) (**41. ábra**).

VII. KONTAKT METABÁZIT

Ebből a nyersanyagcsoportból két Balatonőszöd–Temetői dűlön előkerült kőbalta készült (BOT X2, B-1987, és BOT X12, B-1084, Baden).

VII.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei

- BOT X2: fekete, nagyon finomszemcsés kőzet, szabálytalan alakú, világosszürke folttal a felszínén. Erősen foliált, a sűrűn elhelyezkedő palássági síkok néhol hajladoznak. Az eltemetődés során apró foltokban meszes bevonat képződött a felületén (**39.a-b ábra**).

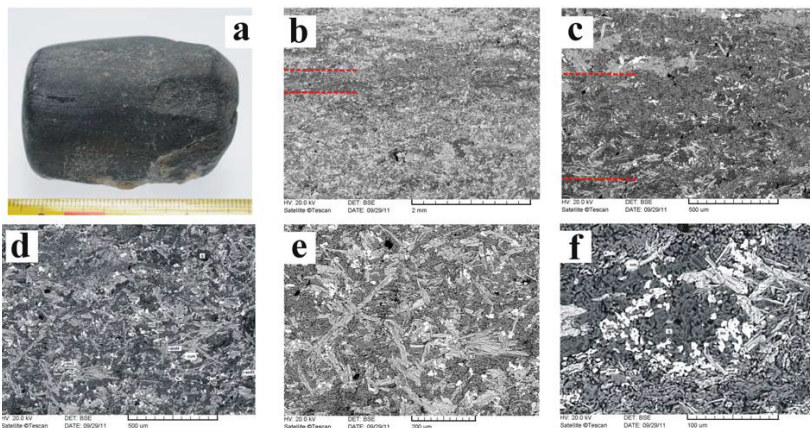


39. ábra

BOT X2-es kőbalta (kontakt metabázit) a) Makroszkópos fotó. b) Makroszkópos fotó. c) SEM-fotó: szöveti kép: amfibol (aktinolit: amf és amf2), plagioklász (andezin (pl) és albit (ab)), epidot (ep), ilmenit (fényes szemcsék). d) SEM-fotó: szöveti kép: tús-léces amfibol kristályokból álló fészek (aktinolit: amf és amf2), plagioklász (andezin: pl), ilmenit (ilm). e) SEM-fotó: szöveti kép: klorit (chl) amfibol mellett (amf3, lásd nagyítva az f)-en). f) SEM-fotó: zónás amfibol-kristály (amf3: aktinolit, magneziohornblende összetételű szegéllyel).

- BOT X12: világosszürke, finomszemcsés, palás kőzet (**40.a-b ábra**).

A leletek épségének megőrzése érdekében ezekből a baltákból vékonycsiszolat nem készült. Az ELTE TTK FFI Közöttan-Geokémiai Tanszéken kifejlesztett roncsolásmentes SEM-EDAX vizsgálati módszerrel sikerült a kőzet ásványos összetételéről és szövetéről információkat nyerni. A mérési körülmények ideálistól eltérő volta miatt (a csiszolt köeszközök felülete nem teljesen sík) az egyes ásványfázisok összetételéről csak félkvantitatív elemzést sikerült készíteni, azaz az ásványkémiai eredmények nagyfokú pontatlansággal terheltek, csak tájékoztató jellegűek lehetnek.



40. ábra

BOT X12-es kőbalta (kontakt metabázit) a) Makroszkópos fotó. b) SEM-fotó: szöveti kép: a palásságot amfibolban illetve kvarcban és plagioklászban dús sávok váltakozása adja (utóbbi jelölve az ábrán). c) SEM-fotó: szöveti kép: a palásságot amfibolban illetve kvarcban és plagioklászban dús sávok váltakozása adja (utóbbi jelölve az ábrán). d) SEM-fotó: szöveti kép: tűs-léces amfibol kristályok (aktinolit: nagy méretű kristályok, ferro-hornblende: amf3, amf4, cummingtonit: cum), plagioklász (labradorit: pl), kvarc (q), ilmenit (ilm2). e) SEM-fotó: szöveti kép: tűs-léces amfibol (aktinolit) kristályokból álló fészkek. f) SEM-fotó: szöveti kép: kvarc (q), szegélyén ilmenittel (ilm) és kétféle amfibollal (aktinolit: amf, cummingtonit: cum).

A roncsolásmentes SEM-EDAX vizsgálatok eredményei

- BOT X2:

A kőzet nagyon finomszemcsés, a legnagyobb szemcsék mérete sem haladja meg a 200 μm-t. A szövetben enyhe irányítotttság látható. A kőzetet alkotó ásványfázisok a következők (fél-quantitatív elemzés alapján): általában csomókban, fészkekben (orientálatlanul) megjelenő tűs, léces amfibol, elszórtan megjelenő, a többi fázishoz képest nagyobb méretű plagioklász és a palássági síkok mentén, párhuzamos zónákban megjelenő ilmenit, valamint epidot és klorit. Akcessóriaként cirkon fordul elő (39.c-e ábra).

Az amfibol-kristályok összetétele (fél-quantitatív elemzés alapján) többféle amfibol jelenlétét jelzi: aktinolit és magasabb nátrium-tartalmú amfibolok (edenites hornblende, ferrotartalmú pargasit) mellett, egyes nagyobb méretű aktinolit-kristályok szegélyében (külső zónájában) magnéziumhornblende is megtalálható a kőzetben (39.c-f ábra).

A plagioklászok között andezines összetételűek (An_{36-38}) és albit is (An_{2-3}) található.

Makroszkópos megjelenése, ásványos összetétele és szövete alapján a kőzet a zöldpala-metabázit csoportba tartozik. A különböző összetételű amfibolok, a jelentősen eltérő összetételű plagioklászok, valamint a szöveti jellegzetességek arra utalnak, hogy az egykori zöldpala kontakt metamorfózissal magasabb metamorf fokú metabázittá alakult.

- BOT X12:

A kőzet nagyon finomszemcsés, palás. Az átlagos szemcseméret 100-200 μm (**40.b-c ábra**). Az általában csomókban, fészkekben megjelenő tús-léces amfibol-kristályok mérete elérheti a 400-500 μm -t is. A tús-léces amfibol kristályok irányítatlanok, átmetszik a palássági síkokat (mintegy ránónek a korábbi, irányított szövetet alkotó fázisokra), azaz a palásságot okozó esemény után keletkeztek, összetételük (lásd alább) alapján valószínűsíthetően magasabb hőmérsékleten, kontakt hatásra (**40.d-e ábra**).

Az amfibol mellett megjelenő ásványfázisok a következők (fél-quantitatív elemzés alapján): kvarc, plagioklász és ilmenit. A kőzet palásságát amfibolban illetve kvarcban és plagioklászban dús sávok váltakozása okozza (**40.b-c ábra**: kvarcban és plagioklászban dús sáv jelölve).

Az amfibol-kristályok összetétele (fél-quantitatív elemzés alapján) többféle amfibol jelenlétét jelzi: aktinolit, ferro-hornblende és cummingtonit található a kőzetben, valamint egyes nagyobb aktinolit-kristályoknak cummingtonitos magjuk van (**40.d-f ábra**).

A plagioklászok labradoritos összetételűek (An_{61-64}).

Makroszkópos megjelenése, ásványos összetétele és szövete alapján a kőzet a zöldpala-metabázit csoportba tartozik (kontakt metabázit).

VII.2. Kőzetkémiai elemzés (PGAA) és mágneses szuszceptibilitás (MS)

A PGAA-mérések alapján mindkét kőzet bázisos összetételű (**2. táblázat**).

A kőzetek mágneses szuszceptibilitás (MS) értéke (a szükséges korrekciók Bradák et al. 2005; Bradák et al. 2009 elvégzése után): $0,44 \cdot 10^{-3}$ SI egység (BOT X2), illetve $0,57 \cdot 10^{-3}$ SI egység (BOT X12), azaz mindkét balta MS-értéke nagyon alacsony.

VII.3. Lehetséges forrásterületek

A zöldpala – kontakt metabázit elterjedt csiszolt kőszköz-nyersanyag a Kárpát-medence Dunántúli nyersanyagegyüttes-régiójában, elsősorban a régió nyugat-északnyugati területein (Szakmány 2009). A korábbi kutatások több nyersanyagforrást is azonosítottak (Szakmány 2009):

1. A „Felsőcsatári típusú zöldpala” foliált, középzöld-füzzöld színű, jellegzetes fehér, albitból álló sávokkal, lencsékkel, metamorf foka alapján „valódi” zöldpala. Ezt a nyersanyagot lokálisan, illetve regionálisan használták, elsősorban a Dunántúlon és Észak-Magyarországon

(Szakmány 1996; Szakmány et al. 2001; Judik et al. 2001; Nikl et al. 2002; Oravecz & Józsa 2004, 2005; Friedel 2008; Friedel et al. 2008; Szakmány 2009).

Ez a típus makroszkóposan, mikroszkóposan és teljes kémiai összetétele alapján is megbízhatóan elkülöníthető a többi csoporttól (igaz, egyes Kis-Kárpátokból származó metabázitok (lásd alább) makroszkópos megjelenésükben hasonlítanak erre a csoportra: Szakmány 2009).

2. A Cseh-masszívum északi részén, a Krkonoše-Jizera kristályos egységben (korábbi irodalomban Železný Brod kristályos egységként említik), elsősorban a Jizerské Hory (Jizera mountains, Isergebirge) hegységben előforduló kontakt metabázit, amely elterjedt távolsági nyersanyag volt a neolitikumban és a rézkorban (Šída & Kachlík 2009). Magyarországon a felsőcsatári zöldpalához hasonlóan szintén a Dunántúlon és Észak-Magyarországon elterjedtek az ebből a típusból készült csiszolt kőeszközök (Szakmány 1996; Szakmány et al. 2001; Judik et al. 2001; Nikl et al. 2002; Oravecz & Józsa 2004, 2005; Friedel 2008; Friedel et al. 2008; Szakmány 2009, Szakmány et al. in press). A nyersanyag megjelenése változatos, de jellegzetes csoportok különíthetők el. Az egyik gyakori típus nagyon finomszemcsés, igen jól foliált: tizedmilliméteres vastagságú zöld és fekete sávok váltakozásából áll. Ebből a típusból elsősorban kaptafa alakú balták készültek. Egy másik gyakori típus csaknem fekete, nagyon finomszemcsés, makroszkóposan homogénnek látszó, de mikroszkópban jól láthatóan foliált. Ebből a típusból jellemzően lapos vésőbalták készültek. A harmadik jellegzetes típus szürke, zöldesszürke színű, barnás foltokkal a felületén, nagyon finomszemcsés, makroszkóposan is jól láthatóan foliált. Ebből a típusból is jellemzően lapos vésőbalták készültek (Szakmány 2009).

3. A Cseh-masszívum délkeleti részén, Želešice környékén található zöldpala-metabázit kőzettestből származó nyersanyag is eljutott a Dunántúlra, sőt ritkán az Alföldre is (Bradák et al. 2005; Friedel 2008; Friedel et al. 2008; Szakmány et al. 2008; Szakmány 2009). Ebből a nyersanyagtípusból változatos alakú kőeszközök készültek, amelyek színe általában sötét, szinte fekete, makroszkóposan és mikroszkóposan is nagyon hasonlít egyes a Krkonoše-Jizera (Železný Brod) kristályos masszívumból származó nyersanyag-típusokra (Szakmány 2009). Rendkívül finom szemcseméretük miatt a Cseh-masszívum különböző területeiről származó zöldpala-metabázit típusok polarizációs mikroszkópos vizsgálatokkal sem mindig különböztethetők meg biztonsággal. A Krkonoše-Jizera (Železný Brod-i) terület kőzetei mindig jól foliáltak, a kontakt hatásra képződő fiatalabb amfibolok megjelenése jellegzetes: szálas, minden irányban szétseprűződő kristályhalmazok, amelyek átmetszik a korábban kialakult palássági síkokat (éppen ez a tulajdonság teszi nagyon szívóssá, rugalmassá, csiszolt

kőeszköz-készítésre kiválóan alkalmassá ezeket a kőzeteket). A kőzetek nagy mennyiségű opakásványt, uralkodóan ilmenitet tartalmaznak (Szakmány 2009).

A Železný Brod-i kőzetek mikroszkópos megjelenése gyakran hasonló a Krkonoše-Jizera (Železný Brod-i) terület kőzeteihez, fontos különbség azonban, hogy ilmenit helyett uralkodóan magnetitet tartalmaznak. Ez az ásványos összetételbeli különbség okozza a két típus jelentős mértékben eltérő mágneses szuszceptibilitás értékeit: a Železný Brod-i kőzetek lényegesen magasabb MS-értékkel jellemezhetőek (Bradák et al. 2005; Bradák et al. 2009; Szakmány 2009).

4. A Kis-Kárpátokból származó, csak lokálisan használt zöldpala-metabázit kőzetek a Dunántúl északi részén, kis számban jelennek meg a leletanyagban. Ebbe a típusba zöldbarnászöld-zöldesbarna, foliált, gyakran fehér csomókat tartalmazó kőzetek tartoznak, amelyek makroszkóposan hasonlóak a felsőcsatári típushoz, mikroszkópos vizsgálatokkal azonban megbízhatóan megkülönböztethetőek a többi típustól (eltérő szöveti képük, a gyakori elegyrészként megjelenő biotit, és az amfibolok eltérő összetétele alapján, Szakmány 2009).

5. A Kárpát-medence másik két nyersanyaggyűttes-régiójában, az Alföldön és Észak-Magyarországon a fentiekől eltérő ásványos összetételű és szövetű, de makroszkópos megjelenésükben nagyon hasonló zöldpala-metabázit típusok is előfordulnak, amelyek eredete egyelőre nem tisztázott. Feltételezhetően az Erdélyi-középhegységből vagy a Száva-Vardar övből származhatnak (Szakmány 2009), részletes összehasonlító vizsgálatok azonban ezekről nem készültek.

6. Egyéb, a Krkonoše-Jizera (Železný Brod)-i típusokhoz hasonló metabázitok előfordulnak a Krkonoše-Jizera (Železný Brod) kristályos egység távolabbi területein is, valamint még nyugatabbra, a németországi Fichtelgebirge területén (Šída & Kachlík 2009).

VII.4. Az eredmények értékelése, a legvalószínűbb forrásterület

Makroszkópos és mikroszkópos megjelenésük alapján a vizsgált kőbalták nyersanyaga a Cseh-masszívum-beli típusokhoz hasonlít. Érdemes tehát tüzetesebben is megvizsgálni ezeket a lelőhelyeket.

A Krkonoše-Jizera (Železný Brod) kristályos egység területén a Jizerské Hory hegységben több helyen is feltártak neolitikus korú bányákat, amelyek csiszolt kőeszköz-nyersanyagként használt metabázitokat termeltek (Jistebsko, Maršovice, Kokonín, Velké Hamry, Zásada, Zbytky, Šumbruk nad Desnou, (Šída & Kachlík 2009).

A neolitikumban bányászott nyersanyagok a Tanvald-gránit-intrúzió kontakt termális aureolájában képződtek, klorit-szericit-palából, amelynek alkáli bazaltok, doleritek voltak az

anyaközei. A metabázitok kis méretű (legfeljebb 2 m széles) lencsékben, testekben fordulnak elő. Protolitjukat és metamorf fejlődéstörténetüket tekintve is változatosak, ezért a korábbi irodalomban sokféle néven nevezték a jelenleg „hornblende-aktinolit-szaruszirt” néven összefoglalható kőzeteket (pl.: nefrit, aktinolit-pala, aktinolit-szaruszirt). A termális kontaktustól néhány km-re délre típusos zöldpálák is találhatók a területen (Šída & Kachlík 2009).

A neolitikumban bányászott nyersanyagok finomszemcsés, sötétzöld vagy fekete, zöldesfekete színű, tömött szövetű vagy sávós, kagylós törésű kőzetek. Mágneses szuszceptibilitásuk alacsony: $0,5-0,8 \cdot 10^{-3}$ SI (egyes, magnetit-tartalmú változatoknál nagyobb értékek is előfordulnak). Ásványos összetételük és szövetük is változatos, mindazonáltal két fő csoportba sorolhatók: az elsőbe finomszemcsés, tömött szövetű metabázitokat sorolhatunk, amelyek nagyrészt mentesek a plagioklász- és amfibol-fenokristály-reliktumoktól. A második csoportba tartozó metabázitok szövetében a kőzetek elsődleges, porfiroz szövege még felismerhető. Ez utóbbi csoport csak lokális nyersanyagként szolgált, míg a finomszemcsés változatokat regionálisan használták a neolitikumban (Šída & Kachlík 2009).

A kőzeteket alkotó ásványok nagy része (plagioklász, amfibolok) kontakt metamorf hatásra képződött, ritkán azonban eredeti magmás ásványok (elsősorban ilmenit) és zöldpala-faciesű metamorf ásványok (klorit, epidot, ilmenit átalakulási termékei, nagyon ritkán földpátok és amfibolok) is megmaradtak. A plagioklászok általában átkristályosodtak, apró, egyforma szemcseméretű új plagioklászok jelentek meg. Bár a plagioklászok összetétele nagyon változatos (albittól anoritig mindenféle összetétel előfordul), leggyakrabban bázisosak. A korábbi amfibolok helyén aktinolit és hornblende, ritkán cummingtonit képződött. A kőzet jellegzetes szövetét az újonnan kristályosodott vékony tűs amfibolok adják, amelyek radiálisan, minden irányban növekvő csomókban jelennek meg, a mátrixban plagioklásszal és ilmenit átalakulási termékeivel – ez a szövet a finomszemcsés változatokra jellemző (Šída & Kachlík 2009).

A finomszemcsés változatokban az amfibol (amely a kőzetek akár 70%-át is kiteheti) magnéziumhornblende, ferrohornblende és aktinolit, ritkábban cummingtonit, az utoljára kialakult plagioklász bázisos (bytownitos, anortitos), de savanyúbb plagioklászok is előfordulnak a kőzetekben. Egyes plagioklász-szemcséken inverz zónáság is megfigyelhető (a szemcse magja savanyúbb összetételű, mint a külső zónák). Mellékes elegyrészként relikv klorit, apatit, kvarc, ritkábban ilmenit átalakulási termékei, epidot, magnetit és szulfidok, nagyon ritkán biotit található a kőzetekben. Az amfibolok szemcsemérete eléri a 200 μm -t, míg a mátrix szemcsemérete 10-50 μm körül van. A kvarc vékony erekben és lencsékben

jelenik meg. A finomszemcsés típus nagy részét sávok kőzetek alkotják, amelyekben szinte tisztán aktinolitból és hornblendéből álló sávok váltakoznak földpát-gazdag, kvarctartalmú sávokkal (Šída & Kachlík 2009).

Az elsődleges porfíros szövet maradványait még őrző metabázit-típusokat általában 90-95%-ban amfibol és plagioklász alkotja, mellettük a leggyakoribb kísérőásvány az ilmenit (és átalakulási termékei). Ezekben a típusokban a hornblende az uralkodó amfibol az aktinolit mennyisége kevesebb, mint a finomszemcsés változatokban (ennek oka a kisebb kontakt metamorf hatásban keresendő, a porfíros szövet maradványaihoz hasonlóan). A plagioklász összetétele savanyúbb (andezines, labradoritos). Járulékos elegyrészként apatitot, ritkán epidotot, biotitot és kvarcot tartalmaznak. A szemcseméret durvább, mint a finomszemcsés csoportban: az átkristályosodott plagioklász-fenokristályok mérete eléri a 800 μm -t, az amfibolok mérete a 600 μm -t. A porfíros metabázitok anyakőzete valószínűleg dolerites telérkőzet volt (Šída & Kachlík 2009).

A két nagy csoport összetétele változatos, leginkább a kontaktustól való távolságuk, azaz a kőzeteket ért hőhatás eltérő mértéke miatt. Átmeneti típusok is előfordulnak.

A vizsgált leletek mikroszkópos jellemzői – az amfibolok összetétele, megjelenése, az kvarc-földpát-dús sávok, a járulékos elegyrészként megjelenő ilmenit, a relikv epidot és klorit – nagyon hasonlítanak a fent jellemzett kőzetekre, elsősorban a finomszemcsés metabázit-változatokra.

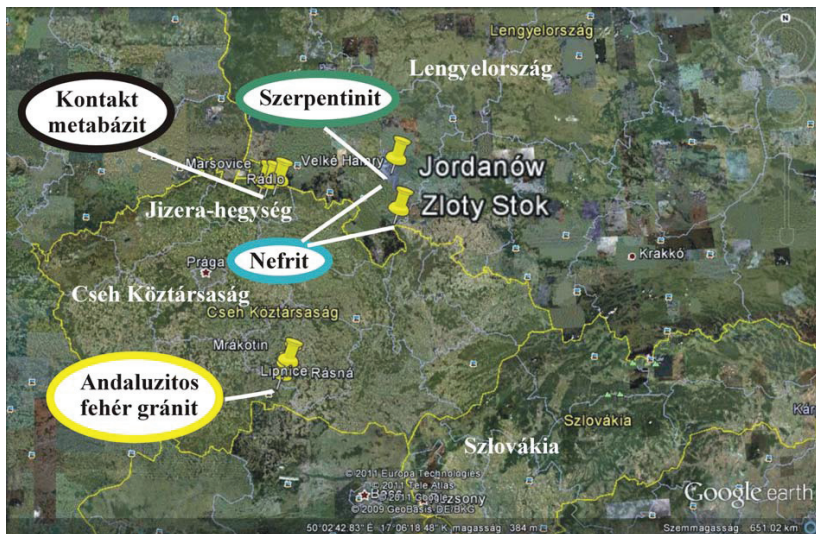
A BOT X12-es kőbaltája teljes kőzet kémiai összetétele jó egyezést mutat a Cseh-masszívumból származó zöldpala-metabázit kőzetek PGAA-val mért összetételével (Szakmány et al. in press). A BOT X2-es kőbaltája összetétele is hasonló, de szilícium-tartalma alacsonyabb, alumínium-tartalma magasabb, mint a Krkonoše-Jizera (Železný Brod)-i és a Želešice-i zöldpaláknak (**14. táblázat**).

A Mihály-gyűjtemény zöldpala/metabázit anyagú leleteinek és a nyersanyagként szobajöhető zöldpala-lelőhelyek MS-értékeivel (Bradák et al. 2009) összevetve látható, hogy a vizsgált kőbalták nyersanyagának forrásterületei közül kizárható a magas MS-értékekkel jellemezhető Želešice-i terület (Cseh-masszívum délkeleti része).

Az igen alacsony MS-értékek jól illeszkednek mind a Jizerské Hory hegységből (Krkonoše-Jizera (Železný Brod) kristályos egység, Cseh-masszívum északi része), mind a Felsőcsatárról származó zöldpala minták MS-értékeihez (**15. táblázat**).

Részösszefoglalás – metabázitok

Végeredményként megállapíthatjuk, hogy a vizsgált metabázit anyagú kőbalták nyersanyaga ásványos összetételük, szövetük, mágneses szuszeptibilitásuk alapján igen nagy valószínűséggel a Cseh-masszívum északi részéről a Krkonoše-Jizera (Železný Brod) kristályos egységből származik (41. ábra).



41. ábra

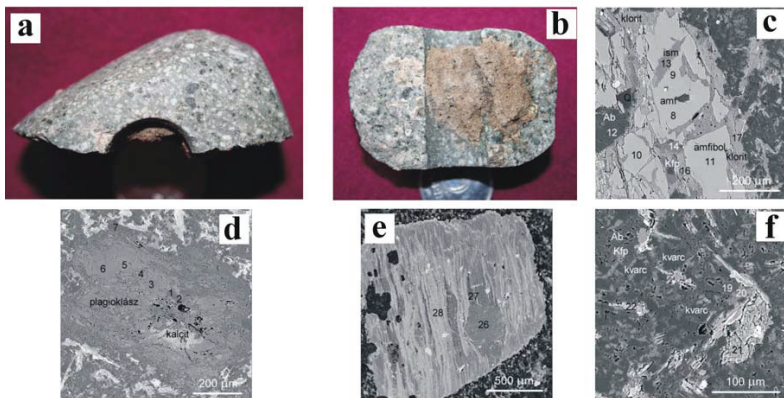
Cseh-masszívum: metamorfitek (nefrit, szerpentinit, kontakt metabázit) legvalószínűbb nyersanyag-forrásterületei, valamint andaluzitos fehér gránit kibúvások. (Google Earth)

VIII. KOVÁS ANDEZIT

Mindössze egy darab, ebből a nyersanyagból készült nyéllyukas kőbalta került elő Balatonőszöd – Temetői dűlő lelőhelyen (BOT X13, B-2228, IB-C Boleráz-IIA Baden).

VIII.1. A petrográfiai és az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei

Világosszürke színű kőzet, 1-2 mm-es, világosszürke vagy világos rózsaszín földpát-fenokristályokkal, kevesebb 1-2 mm-es fekete szemcsével (amfibolok) (42.a ábra).



42. ábra

BOT X13-as kőaluta (kovás andezit) a) Makroszkópos fotó. b) Makroszkópos fotó. c) SEM-fotó: részben bontott amfibol (hornblende) kristály nagyított részlete. d) SEM-fotó: részben bontott plagioklász fenokristály. e) SEM-fotó: bontott fenokristály (eredetileg valószínűleg biotit lehetett). f) SEM-fotó: átkováódott alapanyag (kvarc, káliföldpát, albit és bontott színes elegyrész utáni pseudomorfózások).

Mikroszkópos jellemzők:

A kőzet porfirós pilotaxitos szövetű andezit. A jelentős mennyiségű fenokristály között leggyakoribb a plagioklász, e mellett kevesebb amfibolt (hornblendét) és erősen bontott biotitot tartalmaz a kőzet (**42.c-e ábra**). A plagioklász-szemcsék idiomorf-hipidiomorf, táblás-léces megjelenésűek és mm-es méretűek. A poliszintetikus ikresedés és zónásság is gyakori (**42.d ábra**). A hornblende hipidiomorf, oszlopos szemcsékként, az erősen bontott biotit idiomorf táblákként, lemezekként azonosítható, méretük néhány száz µm-es, mm-es. A fenokristályok – elsősorban a plagioklászok - helyenként karbonátosodtak. A kőzet valószínűleg utólagosan teljesen átkováódott (**42.f ábra**). Az alapanyagban eredetileg plagioklász- és amfibolszemcsék, valamint opakásványok is előfordultak, azonban az elbontott színes elegyrészekre már csak pseudomorfózák utalnak, a földpátok helyét másodlagos földpátok (savanyúbb plagioklászok, káliföldpátok) foglalták el, a kőzetüveg is kovásodott (**42.f ábra**).

A plagioklász-fenokristályok általában erősen bontottak, üde plagioklász csak foltokban jelenik meg (**42.d ábra**). Általában másodlagos földpátokat: savanyúbb plagioklászt és káliföldpátot tartalmaznak. Az üde plagioklász-foltok An-tartalma 50 és 73% között van. A másodlagos plagioklász An-tartalma 11 és 18% között van, a káliföldpátok összetétele megközelíti a tiszta KAlSi_3O_8 -összetételt.

Az amfibol-fenokristályok jelentős része ép, de a kristályok körül és a kristályok belsejében, vagy repedések mentén megindult az átalakulás: különféle másodlagos-harmadlagos fázisok (albit, kálföldpát, klorit, valamint egy azonosítatlan, Ca-, Al-, Fe- és Mg-tartalmú fázis) vannak jelen **(42.c ábra)**.

Az egykori biotit-kristályok teljesen elbontódtak, csak alakjuk utal az eredeti ásványra. Az erősen bontott szemcsék különböző fázisainak egyike sem őrzi a biotit összetételét (az amfibol-fenokristályok mállása során megjelenő azonosítatlan, Ca-, Al-, Fe- és Mg-tartalmú fázis itt is jelen van) **(42.e ábra)**.

A mintában a fenokristályokon kívül még nagyobb kalcitfoltok is találhatóak, ezek a plagioklász-fenokristályok mellett jelennek meg, valószínűleg egykori plagioklász-fenokristályok karbonátosodásával jöttek létre.

Az alapanyagban nagyon sok a kvarc, amelynek szöveti megjelenése a kőzet átkovárodására utal. A kova mellett másodlagos földpátok (savanyú plagioklász (An_{12}) és kálföldpát ($Or_{92}An_7$) és különböző Ca-, Al-, Fe-, Mg- és Si-tartalmú bomlástermékek jelennek meg **(42.f ábra)**.

VIII.2. Kőzetkémiai elemzés (PGAA)

Az átkovárodás okozta összetételbeli változás miatt a kőzet eredeti kémiai összetétele már jelentősen megváltozhatott, ezért kőzetkémiai elemzés nem készült.

VIII.3. Lehetséges forrásterületek

Az andezit elterjedt kőzettípus a Kárpát-medencében, azonban általánosan jellemző rá a porfiros, nagy fenokristályokat tartalmazó szövet és az általában több-kevesebb kőzetüveget tartalmazó alapanyag. Ezek a tulajdonságok rideggé, könnyen törővé, mechanikai igénybevételnek csak gyengén ellenállóvá teszik ezeket a kőzeteket – ezért csiszolt kőeszközként csak ritkán használták, akkor is a kevés és általában kisebb fenokristályt tartalmazó, közel vagy teljesen holokristályos, illetve átkristályosodott alapanyagú változatokat. Az andezit, mint csiszolt-kőeszköz nyersanyag elsősorban az Észak-magyarországi nyersanyaggyűttes régióban fordul elő (Szakmány 2009).

Ezidáig csiszolt kőeszköz nyersanyagként a finomszemcsés cserhádi bazaltos andeziteket (T. Biró 1992; Judik et al. 2001), valamint a Börzsönyből, a Visegrádi-hegységből, a Közép-Szlovákiai Vulkáni Hegységből, a Tokaj-Eperjesi hegységből és Kárpátaljáról származó andeziteket (Szakmány 1996; Oravecz & Józsa 2004, 2005; Friedel 2008; Friedel et al. 2008; Szakmány 2009) sikerült azonosítani. Az Alföldön a fenti forrásterületekhez adódhatnak még

valószínűleg az Erdélyi-középhegységből, a Száva-Vardar övből, illetve a mecseki miocén törmelékes összletekből származó kőzetek, ezek használatára azonban eddig még nincs közvetlen bizonyíték.

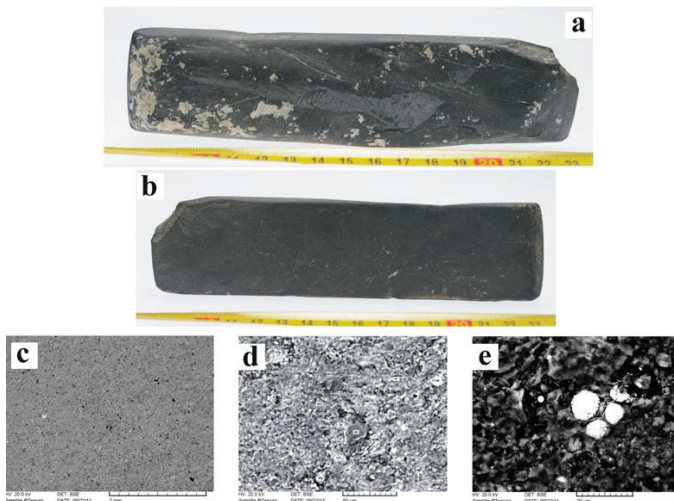
A sokféle lehetséges forrásterület és a lelet teljesen átková sodott volta miatt a kőbalta nyersanyaga eredetének meghatározása nehézségekbe ütközik, a forrásterületet eddig nem sikerült azonosítani.

IX. METAALUROLIT vagy METATUFA

Ebből a nyersanyagból egy Balatonöszöd–Temetői dűlön előkerült lelet készült (kőbalta vagy fenőkö: felületi sérülései, kopásnyomai alapján inkább fenőkö lehet, de nem kizárt, hogy a helyben talált őskori, akár késő rézkori leletet alakították át, illetve használták másodlagosan későbbi korok itt megtelepült emberei saját más céljaikra: BOT X10, B-240–K-157 kemence-hamugödör komplexum, nem késő rézkori).

IX.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei

Barnásszürke-zöldesszürke színű, nagyon finomszemcsés kőzet, felületén világosszürke, diffúz, hajladozó körvonallú, elnyúlt foltokkal (43.a-b ábra).



43. ábra

BOT X10-es kőbalta (meta-aleurolit? / meta-tufa?) a) Makroszkópos fotó. b) Makroszkópos fotó. c) SEM-fotó: szöveti kép: rendkívül finomszemcsés szövet. d) SEM-fotó: szöveti kép: kvarc (q), albit (ab, ab2, ab3), kálicföldpát (kfp), bontott biotit (bt), klorit (chl), apatit (klór-apatit: cl-ap), TiO_2 (rutil: rt). e) SEM-fotó: pirit (bakteriopirit?) utáni limonites pseudomorfózák.

A lelet épségének megőrzése érdekében ebből a baltából vékonycsiszolat nem készült. Az ELTE TTK FFI Közettan-Geokémiai Tanszékén kifejlesztett roncsolásmentes SEM-EDAX vizsgálati módszerrel sikerült a kőzet ásványos összetételéről és szövetéről információkat nyerni. A mérési körülmények ideálistól eltérő volta miatt (a csiszolt köeszközök felülete nem teljesen sík) az egyes ásványfázisok összetételéről csak fél-kvantitatív elemzést sikerült készíteni, azaz az ásványkémiai eredmények nagyfokú pontatlansággal terheltek, csak tájékoztató jellegűek lehetnek.

A roncsolásmentes SEM vizsgálatok eredményei

A kőzet nagyon finomszemcsés, a legnagyobb szemcsék mérete sem haladja meg a 20 μm -t (**43.c ábra**).

A kőzetet alkotó ásványfázisok a következők (fél-kvantitatív elemzés alapján): kvarc, albit (Ab_{98-100}), káliföldpát (Or_{100}), bontott biotit, viszonylag nagy vastartalmú klorit, változó klórtartalmú apatit, TiO_2 -változat (**43.d ábra**). Az alapanyag zeolitosodott. Akcesszóriaként még a többi fázisnál is kisebb méretű monacit és cirkon van jelen, valamint pirit (bakteriopirit?) utáni limonitos pseudomorfózák, amelyek 10-20 μm -es aggregátumokat alkotnak (**43.e ábra**).

A nagyon finomszemcsés kőzet ásványos összetétele alapján nagyon gyenge metamorfózist szenvedett üledékes kőzet (metaaleurolit?) lehet, de a biotit jelenléte utalhat piroklasztos eredetre is (nagyon gyengén metamorfizálódott tufa vagy tufit?).

IX.2. Kőzetkémiai elemzés (PGAA) és mágneses szuszceptibilitás (MS)

A PGAA-mérések alapján a kőzet savanyú, dácitos összetételű (**2. táblázat**).

A kőzet mágneses szuszceptibilitás (MS) értéke (a szükséges korrekciók Bradák et al. 2005; Bradák et al. 2009 elvégzése után) nagyon alacsony: $0,30 \cdot 10^{-3}$ SI egység.

IX.3. Lehetséges forrásterületek

A kőzet rendkívül finomszemcsés, mind ásványos összetétele és szöve, mind a lelet alakja alapján eltér az összes többi Balatonöszöd–Temetői dűlön előkerült köeszköztől. Sem a korábban már hivatkozott csiszolt köeszköz gyűjtemények (Mihálydy-gyűjtemény, Ebenhöch-gyűjtemény) anyagában sem a rendkívül részletesen vizsgált gorsai tell telep csiszolt köeszközei között nincs említés hasonló alakú és anyagú kőbaltáról (Szakmány et al. 2001; Friedel 2008; Friedel et al. 2008, Szakmány et al. 2008). Azaz az eddig részletesen

megvizsgált magyarországi csiszolt kőeszközök között egyedi. Feltehetően - jelenlegi formájában - maga a lelet sem őskori.

A nyersanyag forrása ismeretlen. Egyedi előfordulása alapján nem kizárt, hogy akár valamilyen távoli területről származó import lehet.

X. MIKROKRISTÁLYOS MÉSzkő („FEHÉR Kő”)

Ebből a nyersanyagcsoportból öt darab, Balatonőszöd–Temetői dűlőn előkerült kőbalta készült (B-1384 Baden, B-1600 Baden, B-2039 Boleráz/Balaton-Lasinja/Furchenstich, K-165 Baden, R-925 Baden).

Fehér, vagy nagyon világos szürke színű, nagyon finomszemcsés, kristályos mészkövek (az egyik kőbalta felületén vörösesre színeződött foltokkal). A leletek épségének megőrzése érdekében ebből a típusból vékonycsiszolat nem készült.

”Fehér kő” („white stone”) néven nagyon finomszemcsés, fehér vagy csaknem fehér kőzeteket említ a petroarcheológiai irodalom (Antonović 1997). Magyarországon a neolitikumban, elsősorban az alföldi nyersanyagegyüttes régióban jelenik meg, de esetenként a Dél-Dunántúlon is előfordul (Szakmány 2009). Részletes vizsgálatok alapján a „fehér kővek” nyersanyaga változatos: nagy magnézium-tartalmú, magnezites kovakőzetek, nagy szilícium-tartalmú kovás aleurolitok és a vizsgált régészeti leletekhez hasonló mikrokristályos mészkövek, viszonylag puha diatomapala és tufa is előfordul közöttük (Szakmány 2009). Hasonló megjelenésű és nyersanyagú kőeszközök Szerbia területéről, a Vinča kultúra későbbi fázisainak leletanyagából kerültek elő, ahol a nyersanyagnak több feltárása is ismert (Antonović 2006; Antonović et al. 2006), ezek többsége azonban nagy magnézium-tartalmú magnezites kovakőzet. Ugyanakkor fehér mikrokristályos mészkő mind a Mecsekben, mind a Dunántúli-középhegységben gyakran előfordul, de általában nem készült belőle csiszolt kőeszköz.

Mindezek alapján a vizsgált mikrokristályos mészkő („fehér kő”) eszközök nyersanyagának forrása a régészeti lelőhelyhez közeli terület lehet (erre utalna a viszonylag nagy mennyiség (5 kőeszköz) is), de nem zárható ki teljesen a déli irányból érkező import sem.

SZERSZÁMKÖVEK, EGYÉB MEGMUNKÁLT ÉS MEGMUNKÁLATLAN Kő-LELETEK

A Balatonőszöd–Temetői dűlő lelőhelyről előkerült szerszámkövek általában egész és töredékes őrlőkövek (főleg alsó- és kevesebb felső őrlőkő, egyes darabokon festéknyomokkal), csiszolókövek és fenőkövek. Mivel nyersanyagukat tekintve hasonlóak, a

szerszámkövekkel együtt tárgyalom az egyéb megmunkált (de ismeretlen rendeltetésű) töredékeket, nyersanyagtömböket és megmunkálatlan, kőzetanyagú leleteket.

A bazalt anyagú szerszámkövek (és egyéb megmunkált, vagy megmunkálatlan töredékek, nyersanyagtömbök) vizsgálatát, mivel anyaguk megegyezik, a bazaltból készült kőbaltákkal együtt tárgyalom (lásd a III. fejezetet).

XI. HOMOKKÖVEK

A kőeszköz leletanyag 41%-át (205 db) homokkő nyersanyagból készítették (**16. táblázat és 61. ábra**). Homokkőből őrlőkövek (alsó- és felső őrlőkövek egyes darabokon festéknyomokkal), csiszolókövek, fenőkövek készültek. Sok töredékes lelet esetében ismeretlen a tárgy eredeti rendeltetése.

A petrográfiai vizsgálatok eredményei

Szabad szemmel és kézi nagyítóval megfigyelhető jellegzetességeik alapján a homokkő leleteket 3 csoportba soroltam (lásd alább). A könnyebb áttekinthetőség érdekében az I. és II. csoportot („vörös homokkővek” összefoglaló cím alatt), a III. csoporttól (szürke, csillámos, karbonátos kötőanyagú homokkő) különválasztva tárgyalom.

12 példány az előrehaladott mállás miatt nem volt biztonsággal egyik fent említett csoportba sem besorolható. Erre a 12 példányra a továbbiakban, mint „bizonytalan besorolásúakra” hivatkozom.

Fontos megjegyezni, hogy a teljes leletanyagban szerepel további 2 db eszköz, amelynek anyaga vagy homokkő, vagy mesterséges anyag (durva kerámia?). Makroszkópos eszközökkel pontos meghatározásuk nem lehetséges, mivel a két anyag megjelenése nagy mértékben hasonló. (Ez a két lelet nincs a 205 db homokkő anyagú lelet között.)

XI.1. „VÖRÖS HOMOKKÖVEK”

XI.1.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei

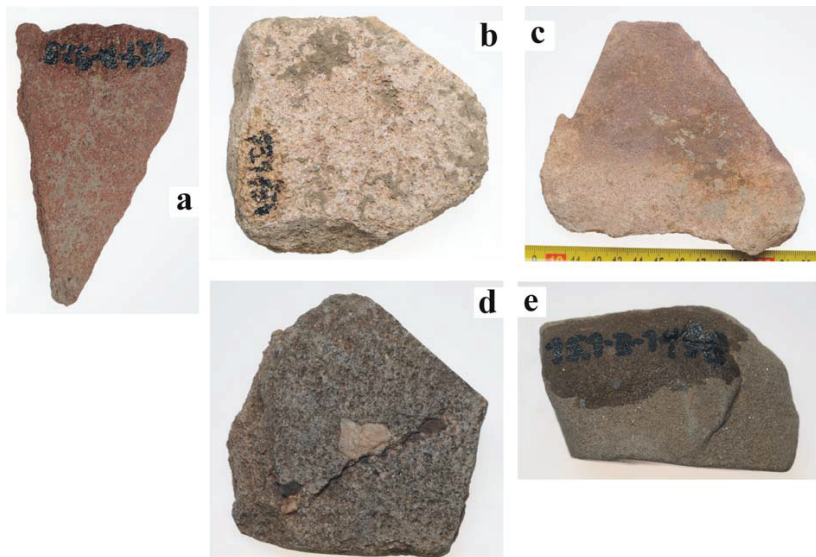
I. csoport (183 példány):

Általában közepesen, vagy jól osztályozott, változatos szemcseméretű homokkővek (az egészen finomszemcsestől a durva, már-már kavicsos homokkővekig minden szemcseméret-tartományú kőzet megtalálható). Főalkotók a kvarc és csillámok (elsősorban kifakult, illetve kloritosodó biotit). A mátrix, illetve a cementáló anyagok mennyisége alárendelt. Elsősorban színük alapján két alcsoportra osztottam ezt a csoportot.

Alcsoportok:

I/1 alcsoport (131 példány):

Általában jellegzetes vörös színű homokkövek, de narancsvörös, lilásvörös (és sötétebb, szürkés árnyalatú) példányok is vannak a csoportban. A kvarcsezemcsék általában szögletesek, a csillámszemcsék mérete közel azonos, vagy nagyobb, mint a kvarcsezemcséké. Egyes példányokban szabad szemmel csak kevés csillámszemcse látható (**44.a ábra**).



44. ábra

Homokkövek a) Makroszkópos fotó: vörös homokkő (I/1 alcsoport, BOT 4). b) Makroszkópos fotó: kifakult „vörös” homokkő (I/2 alcsoport, BOT 10). c) Makroszkópos fotó: részben kifakult vörös homokkő (átmenet I/1 és 2 alcsoport között, BOT X1). d) Makroszkópos fotó: vörös homokkő (II csoport, BOT 3). e) Makroszkópos fotó: szürke, csillámos, karbonátos kötőanyagú homokkő (III csoport, BOT 13).

I/2 alcsoport (52 példány):

Általában kifakult, világos színű (világosszürke, szinte fehér), illetve foltokban enyhén vöröses, narancsvörös, esetleg sárga, lilásszürke mállási színű homokkövek.

A kvarcsezemcsék általában ebben a csoportban is kerekítetlenek, szögletesek, de egyes példányokban nagyobb arányban előfordulnak jobban koptatott, kerekített szemcsék is. A kvarcsezemcsék uralkodóan szürke (fehér) színűek, de fekete és vörös szemcsék is megfigyelhetők. Kevés csillám látható szabad szemmel. A példányok felülete likacsos, az ásványsezemcsék egy része kipattogzott a kőzetből (**44.b ábra**).

A kifakult példányok eredetileg vörös mivoltát szemléletesen mutatja, hogy 10 vizsgált lelet vörös és „fehér” (szürke, kifakult) résszel egyaránt rendelkezik (**44.c. ábra**). Ezt a 10 leletet az I/1 alcsoporthoz számítottam.

II. csoport (5 példány):

Lilásszürke, lila, foltokban vörös színű, durva- vagy közép szemcsés, szemcsevázú homokkövek. Fő alkotójuk a kvarc (kerekítetlen, túlnyomórészt szürke szemcsék, kevés fekete, illetve vörösre, lilásra mállott szemcsével). A durva homokszemcsék között rosszul kerekített kvarc- illetve kvarcit-kavicsok is találhatóak (akár 1,5 cm-es méretig). Fehér (esetenként halvány vörös), legfeljebb 1 mm-es, szögletes földpát-szemcsék szintén megfigyelhetők (**44.d ábra**).

Mikroszkópos jellemzők:

- I. csoport:

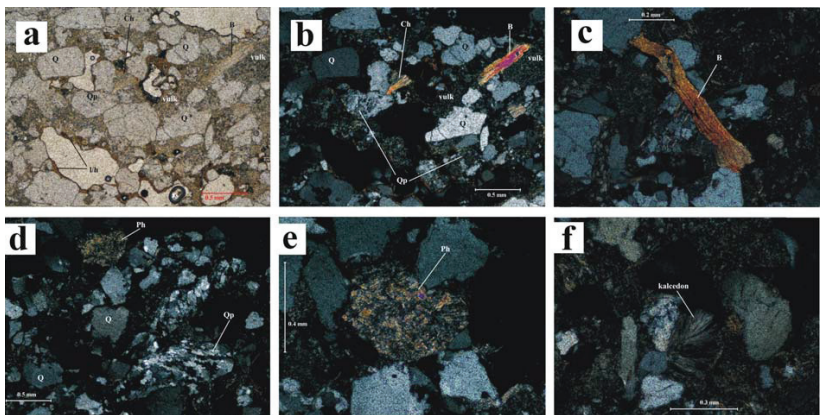
Vékonycsiszolatban a 2 alcsoport nem mutatott különbségeket. A makroszkóposan világosszürke (fehér) homokkövek eredetileg feltehetően vörös színe valószínűleg a közetté válás utáni, illetve az eltemetődés alatt fellépő mállási folyamatok hatására fakult ki.

A szemcsék általában kerekítetlenek, vagy csak gyengén koptatottak. Jellemző a szemcsék között a törmelékes, koptatatlan (vagy csak gyengén koptatott) kvarc-szemcsék túlnyomó aránya; az általában a monokristályos kvarcnál jobban kerekített polikvarc-szemcsék jelentős mennyisége; törmelékes eredetű csillámok, elsősorban kloritosodó biotit és muszkovit; közettörmelékek (elsősorban savanyú vulkanit és metamorf közettörmelék); általában bontott magnetit-szemcsék megjelenése; valamint a különféle szemcsék szegélyén kéregként, illetve a kötőanyagban megjelenő limonit (hematit) (**45.a-d. ábra**). A metamorf közettörmelékeket – az irányított szövétű, szalagos polikvarc-szemcséken kívül - néhány fillit-szemcse képviseli (**45.e ábra**).

Fontos jellemző még a földpátok szinte teljes hiánya (**47. ábra**).

Az egymással érintkező kvarc-szemcsék érintkezési vonala csak nagyon ritkán szutúrás, azaz a homokkő a közetté válás folyamán gyakorlatilag nem szenvedett el nagyobb nyomást. A mátrix jelentős részben finomszemcsés kvarc, de kizárólagosan a törmelékes szemcsék közötti réseket tölti ki, szemcsék nyomási oldódására, újbóli kiválására utaló jelek (pl. irányított továbbnövekedés) nem láthatók. Ez is a rétegterhelés miatt fellépő nagyobb nyomás (kompakció) hiányára utal.

A kötőanyag limonitos-hematitos (ez okozza a kőzet makroszkóposan vörös, esetenként narancsvörös, lilás színét), kovás, esetleg másodlagosan karbonátos. Nagyon ritkán kalcedon is megfigyelhető (**45.f ábra**).



45. ábra

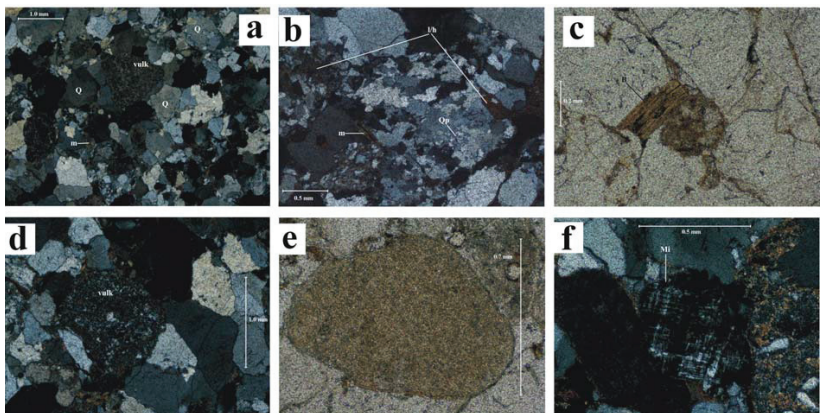
a-b) Petrográfiai-mikroszópós fotó (a: 1N, b: +N): szöveti kép monokristályos (Q) és polikristályos kvarccal (Qp), kifakult (B) és kloritosodott (Ch) biotittal, savanyú vulkanit-törmelékkel (vulk), limonitos-hematitos szegéllyel (l/h) egyes szemcsék szegélyén. (BOT 10) c) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): biotit kristály (B). (BOT 2) d) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): szöveti kép monokristályos (Q) és polikristályos kvarccal (Qp), fillit-szemcsével (Ph). (BOT 10) e) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): a d)-n látható fillit-szemcse (Ph) nagyítva. (BOT 10) f) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): üregkitöltő kalcedon. (BOT 15) (Régészeti leletek, vörös homokkővek, I. csoport.)

A minták porozitása csekély, szövetség tömött. A kevés pórus, üreg a közetté válás során általában kalcedonnal töltődött ki, de előfordul kloritos üregkitöltés is.

- II. csoport:

Ebben a csoportban is jellemző a törmelékes, kerekítetlen (vagy csak gyengén kerekített) kvarcsemmcsék túlnyomó aránya és az általában kerekített polikvarc-semmcsék viszonylag jelentős mennyisége (**46.a-b ábra**). A kvarcsemmcsék szutúrás érintkezése ebben a csoportban is csak ritkán figyelhető meg. A törmelékes eredetű csillámok megjelenése hasonló az I. csoportban megjelenő csillámok megjelenéséhez (muszkovit, kifakult, kloritosodó biotit), de mennyiségük alárendelt, méretük kisebb, mint az I. csoportban (**46.c ábra**). Szintén alárendelt mennyiségben vannak jelen vulkáni közettörmelékek (felzites szövettű szemcsék: **46.d ábra**, szferolitos vulkáni-üveg-törmelék). Metamorf közettörmelék (szalagos, irányított szövettű kvarcit) is előfordul. A magnetit szemcsemérete és mennyisége is kisebb, mint az I. csoportban.

Jellemző különbség az I. csoport anyagához képest a földpátok (mikroklin (nagy méretű, üde kereszttrácsos szemcsék: **46.f ábra**) és nagyon alárendelt mennyiségben plagioklász), valamint aleurolit-semmcsék (nagyon jól koptatott, kerekített szemcsék, amelyek nem tartalmaznak opakásványokat: **46.e. ábra**) jelenléte.



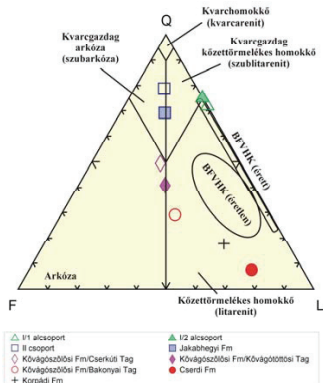
46. ábra

a) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): szöveti kép monokristályos (Q) és polikristályos kvarccal, csillámmal (m), savanyú vulkanit-törmelékkel (vulk). b) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): szöveti kép monokristályos és polikristályos kvarccal (Qp), csillámmal (m), limonitos-hematitos szegéllyel (l/h) egyes szemcsék szegélyén. c) Petrográfiai-mikroszópós fotó (1N): biotit kristály (B). d) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): savanyú vulkanit-törmelék-szemcse (vulk). e) Petrográfiai-mikroszópós fotó (1N): aleurolit-szemcse. f) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): mikroklin-kristály (Mi). (Régészeti leletek, vörös homokkővek, II. csoport, BOT 3)

Mátrix gyakorlatilag nincs, a kőzet szövete még tömöttebb, mint az I. csoportba sorolt homokkőveké, limonitos üregkitöltések mindazonáltal előfordulnak.

A törmelék-szemcsék megoszlása:

A vékonycsiszolatban is vizsgált leletek törmelékes elegyrészeinek arányát sávszámlálással módszerrel mértem ki, és a kvarc-földpát-kőzettörmelék háromszögdiagramon ábrázoltam (Pettijohn et al. 1973 alapján) (**47. ábra**).



47. ábra

A törmelék-szemcsék megoszlása (QFL: kvarc-földpát-kőzettörmelék háromszög-diagram): régészeti leletek, Balatonfelvidéki Fm (érett és éretlen homokkővek), mecseki „vörös” homokkővek.

A régészeti leletek I/1 és I/2 alcsoportját törmelékes elegyrészeinek aránya alapján közettörmelékes homokkővek (litarenitek) és kvarcgazdag közettörmelékes homokkővek (szublitarenitek) alkotják, a régészeti leletek II. csoportját a kvarcgazdag arkózák (szubarkózák) és kvarcgazdag közettörmelékes homokkővek (szublitarenitek) közötti átmeneti összetétel jellemzi.

XI.1.2. Lehetséges forrásterületek

1. Balatonőszödhez elérhető közelségben két jelentősebb vörös homokkő összlet található felszíni feltárásokban.

A közelebbi a Balatonfelvidéki Homokkő Formáció, amely két nagyobb (és több kisebb) területen bukkan a felszínre a Balaton északi partján: Zánka és Badacsonyörs között mintegy 12 km hosszú, és mintegy 5 km széles területen, valamint Aszófő és Balatonfűzfő között mintegy 22 km hosszú és maximálisan 3 km szélességű területen, illetve kisebb foltokban Gyulakeszi, Hidegkút és Litér környékén (Majoros 1963, Csernussi 1984, Fülöp 1990, Majoros 1998) (**50. ábra**).

A felső perm korú, folyóvízi és ártéri üledékekből keletkezett formáció három Tagozatra bontható. A két idősebb tagozatot durvatörmelékes kőzetek alkotják, ezért nem jöhetnek szóba, mint a leletek nyersanyagforrásai.

A harmadik, legfontosabb tagozat a „Vörös homokkő és aleurolit tagozat”, amelyet vörös homokkő és vörös aleurolit rétegek váltakozása épít fel. Szürke színű homokkővek a formáció peremi területein, illetve alsó részének durvább szemcsés (pirit- és szervesanyag-tartalmú) kifejlődéseire, valamint az összlet felső harmadában gyakorta megjelenő intraformációs konglomerátum egyes lencséire jellemzőek (Majoros 1963, Csernussi 1984, Fülöp 1990, Majoros 1998).

A formációban előforduló homokkővek törmelék-összetétele egyhangú: uralkodóan kvarc és közettörmelék, „több-kevesebb, vagy egyáltalán semmi” földpáttartalommal, muszkovittal és biotittal (Fülöp 1990).

A közettörmelékek között ópaleozoós aleurolit, homokkő és savanyú metavulkanit a leggyakoribb, ezek mellett dácit, kvarcfillit és gneisz is előfordul. Saját anyagú aleurolit és dolomittörmelék is kimutatható (Majoros 1963, Csernussi 1984, Fülöp 1990, Majoros 1998).

A földpát-tartalom 20% alatti, a kőzet leggyakrabban savanyú plagioklásztt, ritkábban ortoklásztt és mikroklint tartalmaz. (Majoros 1963, Csernussi 1984, Fülöp 1990, Majoros 1998).

A csillámok állandóan megjelenő összetevők: muszkovit és általában elbontott, kloritosodott biotit található a kőzetekben.

A kötőanyag leggyakrabban szericites, illites, diszperz eloszlású hematittal. A hematit a törmelékes szemcséket bevonó kéregként is gyakran megjelenik. Jelentős szerepe van a saját anyagú, illetve a lepusztulási területről származó aleurolitpala finomszemcsés törmeléke reszedimentációjának is, amikor az igen finom szemcsék a rétegterhelés hatására a nagyobb törmelék-szemcsék közé préselődnek. (Fülöp 1990)

A mikrokristályos kvarc (kova) kaolinnal együtt a medenceperemi, érett homokkővek kötőanyaga. A vörös színt itt is diszperz eloszlású hematit adja, a szürke színű rétegekben a hematit helyett pirit szerepel. Utóbbi típusban megjelenhet a kvarcsemcsék diagenetikus továbbnövekedése is. (Fülöp 1990)

A homokkővek szemcsemérete tág határok között változik (Majoros 1963, Csernussi 1984, Fülöp 1990, Majoros 1998).

A Balatonfelvidéki Homokkő Formáció homokkővei két litológiai alaptípusba sorolhatók:

Az uralkodó kőzetkifejlődés kvarc, közettörmelék és földpát törmelékanyagú, bimodális szemcseeloszlású, illites-szericites (és ezeket kizorítva dolomitos) kötőanyagú, gyengén érett homokkő. (Fülöp 1990)

A másik kifejlődés a Déli-Balaton-felvidék peremi területein és az Északi-Balaton-felvidéken a formáció alsó részére jellemző. Törmelékanyagát kvarc és közettörmelék alkotja, általában jól osztályozott, mikrokristályos kvarc (kova) és kaolinit kötőanyagú, érett homokkő. A kvarcsemcsék határai ebben a típusban gyakran szutúrásak (Fülöp 1990).

Szürke (kifakult), közép- és durvaszemcsés változatai az elterjedési terület délnyugati részén jelennek meg, valamint lokális kifejlődésként a Balatonfüredi Hajógyári kőfejtőben. Ugyancsak az elterjedési terület délnyugati részén (Badacsonyors, Őrsi-hegy) a szürke, közép- és durvaszemcsés homokkőre felül vörös, alsó felén szürke aleurolit és homokkőrétegek sorozata települ, amelyek átmenet jelentenek a magasabb szinteken települő vörös, finomszemcsés homokkőrétegek felé (Csernussi 1984).

Méteres nagyságrendű lencsékben zöld színű (kloritos), valamint fehér (dolomitos kötőanyagú) változatai is előfordulnak, utóbbiak a perm-triász szelvényekben, közvetlenül a triász rétegek alatt (Csernussi 1984).

2. Balatonőszödőtől távolabb, a Nyugati-Mecsek területén is találhatók vörös homokkővek (51. ábra). A nagy kiterjedésű és jelentős vastagságú, perm – alsótriász korú törmelékes összletet

(amely konglomerátumokat, homokköveket, aleurolitokat is tartalmaz) több formációba sorolták (Barabás & Barabás-Stuhl 1998).

A legidősebb (alsó perm) Korpádi Homokkő Formáció kőzetei a legutóbbi időkig csak mélyfúrásokból voltak ismeretesek, a közelmúltban azonban néhány (Dinnyeberkitől északnyugatra található) felszíni feltárást is ebbe a formációba soroltak (Gyalog 2005, Budai & Gyalog 2010). A formáció uralkodóan vörös színű, felfelé finomodó szemcsenagyságú törmelékes kőzetekből (konglomerátumtól finomhomokos aleuritig) álló sorozat. A kavicsok és homokkövek szemcséi kvarc, kvarcit, mélységi magmás, metamorf és vulkáni közettörmelék anyagúak. (Barabás & Barabás-Stuhl 1998)

A törmelékszemcsék között nincs, vagy nagyon kevés a káliföldpát és a mélységi magmás közettörmelék (Fazekas 1987). A földpátokat főként plagioklász képviseli, de nem zárható ki az egykori káliföldpát-szemcsék másodlagos albitosodása (R. Varga 2009). A csillámokat főként muszkovit és erőteljesen kloritosodott biotit képviseli (R. Varga 2009).

A vulkanit-törmelékek között gyakori egy andezites összetételű (plagioklász mikrolitokat és opakásványokat tartalmazó, helyenként folyásos szövetű) típus, amely az összes, a továbbiakban tárgyalt, a Korpádi Homokkőnél fiatalabb perm törmelékes összletből hiányzik. (Fazekas 1987, Barabás & Barabás-Stuhl 1998, R. Varga 2009). Ilyen, andezites összetételű szemcsék a vizsgált homokkő anyagú régészeti leletek anyagában sincsenek.

A Cserdi Formáció (felső perm) – amelynek csak néhány kisebb felszíni kibúvása van Gyűrűfü-Dinnyeberki és Cserdi-Boda környékén – vörösbarna (barnás-, lilásvörös) színű konglomerátum, kavicsos és durvaszemű homokkő, valamint (alárendelt mennyiségben) aleurolitos finomszemű homokkő ritmusos váltakozásából felépülő, felfelé finomodó folyóvízi sorozat. (Barabás & Barabás-Stuhl 1998, Bodor & Szakmány 2009) Általában osztályozatlan és nagyon jellemző, hogy a durvább szemű rétegek nagy mennyiségű mátrixát finomhomokos aleuritos szemcseméretű törmelékes anyag képezi. (Barabás & Barabás-Stuhl 1998) A formáció idősebb képződményeinek kavicsanyaga gyakorlatilag 100%-ban vulkáni eredetű (riolit, melariolit, riódácit), amelyhez felfelé haladva fokozatosan metamorf törmelékanyag keveredik. Káliföldpát- és plagioklász-tartalma is magas, nátrium-tartalma ennek ellenére alacsony (valószínűleg a plagioklászok nagyfokú bontottsága miatt). Magas kálium-tartalmát nagyrészt muszkovit-tartalma magyarázza (Fazekas 1987). Kötőanyaga lehet kovás, szericités, vas-oxidos és karbonátos, a fűrésszel feltárt rétegsorban jellemző az anhidrit megjelenése is (Bodor & Szakmány 2009).

A nagy felszíni elterjedésű Bodai Aleurolit Formáció (felső perm) uralkodóan vörös, vörösbarna színű, albittartalmú aleurolit és agyagkő váltakozásából álló sorozat, alsó részén

zöldesszürke homokkő, homokos aleurolit és agyagkő betelepüléseket („átmeneti rétegek”-et) is tartalmaz. (Varga et al. 2006) Fő közettípusai – agyagkő, aleurolit, homokkő, albitolit és dolomit – között számos átmeneti típus is megjelenik. Az uralkodó finomszemcsés üledékek között a homokkő és aleurolit rétegek általában közbetelepülésként jelennek meg. (Barabás & Barabás-Stuhl 1998, Máthé 1998, Árkai et al. 2000, R. Varga et al. 2005, Varga et al. 2006) Teljes kémiai összetételére a magas nátrium-tartalom jellemző (5-8% Na₂O) (Fazekas 1987, Máthé 1998, Árkai et al. 2000).

A homokkő-betelepülések általában vörös színűek (barna, szürke és zöld árnyalattal). Szemcseméretük változó (finom-nagyszemcsés), párhuzamos rétegzés és keresztrétegzés is előfordul. Leggyakoribb összetevőjük közepesen koptatott kvarc. A réteglapokon orientáltan elhelyezkedő törmelékes muszkovit figyelhető meg. Kötőanyaguk általában dolomit, illetve agyagászvány, de a középszemcsés homokkővekben kova és albit is előfordul kötőanyagként. (Varga et al. 2006)

A homokkővek részletes mikroszkópos vizsgálata (Varga et al. 2006) alapján elmondható, hogy a törmeléksemcsék többnyire szögletesek, gyengén koptatottak. A cement mennyisége változó, a közép- és durvaszemcsés homokkővekben uralkodóan karbonátos, kisebb mennyiségben hematit, illit/sericit, klorit, albit és kova is megjelenik. Gyakoriak a karbonátos erek. A homokkővek 25-40% földpátot (nagyobb mennyiségű plagioklász – köztük diagenetikusan képződött albitot - és kevesebb káliföldpátot), 20-30% kvarcot és jelentős mennyiségű instabil, vulkáni közettörmeléket tartalmaznak. A kvarcsemcsék között monokristályos és polikristályos szemcsék is megfigyelhetők, utóbbiak alkristályai általában szutúrásan érintkeznek egymással, de poligonális szövetű változatok, valamint radiolarit-eredetű polikvarc-szemcsék is előfordulnak. Kevés törmelékes muszkovit és kloritosodó biotit is megjelenik. A vulkanittörmelékek között uralkodó mennyiségben átkristályosodott vulkáni alapanyag és vulkáni üveg található. Alárendelt mennyiségben kvarcot, bontott földpát- és átalakult amfibol-mikrofenokristályokat tartalmazó vulkanittörmelékek is megfigyelhetők. A savanyú vulkanittörmelékek mellett ismeretlen eredetű neutrális (trachitos szövetű) és bázisos (sötét, opakászványos alapanyagban plagioklász-mikrolitokat tartalmazó) vulkáni közettörmelék-szemcsék is előfordulnak. Metamorf közettörmelék és üledékes közettörmelék is megjelenik. (Varga et al. 2006)

A Kővágószőlősi Homokkő Formáció (felső perm) felszíni elterjedése lényegesen nagyobb mind a Cserdi, mind a Bodai Formációénál. Különböző színű, konglomerátum, kavicsos és arkózás homokkő, aleurolit és argillit rétegek ritmusos váltakozásából felépülő összlet, felfelé finomodó, majd ismét durvuló szemcsemérettel (Barabás & Barabás-Stuhl 1998).

Lerakódásának kezdetét nagy mennyiségű, a gránit-migmatit lepusztulásából származó törmelékanyag megjelenése jelzi (összetételében ezzel párhuzamosan elsősorban a metamorfitek, kisebb mértékben a vulkanitok aránya csökken): megnő a gránit-migmatitok aprózódásából származó kvarc és a káliföldpátok mennyisége. A homokkövekben felfelé haladva fokozatosan növekszik a kvarc mennyisége (Fazekas 1987).

Uralkodó köztészín, közettani és üledékföldtani jegyek alapján négy tagozatra osztják. A Bakonyai Tarkahomokkő tagozat, amelynek többféle színű (zöld, szürke, vörös, foltosan tarka), de főképpen vörös rétegei uralkodóan durva szemcseméretűek (de a finomszemcsés üledékek mennyisége is jelentős). Rosszul osztályozott, a finomszemű üledékek szemcsésen szétesőek és karbonát konkréciókat tartalmaznak.

A Kővágóóttösi Szürkehomokkő Tagozat csak ritkán tartalmaz vörös (és zöld) rétegeket. Szemcsenagysága változatos (a konglomerátumtól a durva- és finomszemcsés homokköveken át az aleurolitos argillitig terjed). Szervesanyagú törmelékben gazdag.

A Cserkúti Vöröshomokkő Tagozat lilászvörös vagy vörös színű uralkodóan közepes szemcsenagyságú, szórtan kavicsos homokkő. Konglomerátum és finomszemű homokkő vagy aleurolit rétegeket is tartalmaz. Felül széles elterjedésű, több méter vastag, vörösbarna színű (nagyon ritkán zöld-, szürke rétegecskét is tartalmazó) karbonát konkréciós homokkő réteg zárja le. Ez a vörösbarna homokkő helyenként kifakult.

A Tótvári Homokkő Tagozat („lilakavicsos homokkő”) közei lilászvörös, vagy világoslila színű, aleurolit kötőanyagú, erősen kavicsos, durvaszemű, osztályozatlan homokkövek. Jellemző lila színét az anyagában feldúsuló nagy mennyiségű riolit kavics és riolit közettörmelék okozza (Barabás & Barabás-Stuhl 1998).

A Jakabhegyi homokkő a mecseki perm-alsó triász sziliciklasztos rétegsor felszínén a legnagyobb területen és vastagságban előforduló tagja. Elsősorban a Jakabhegyen és környékén bukkanak ki a rétegei nagy vastagságban. Fazekas Via tanulmányában együtt tárgyalja a Kővágószőlősi Homokkő és a Jakabhegyi Homokkő (alsó triász) Formációkat, mivel köztük éles közet-összetételbeli változás, határ nincs. A homokkövekben a rétegsorban felfelé haladva fokozatosan növekszik a kvarc mennyisége, a Jakabhegyi Homokkőből a plagioklász teljesen eltűnik és jelentősen lecsökken a közet nátrium-tartalma is. A káliföldpát mennyisége gyakorlatilag változatlan, de szinte teljesen eltűnnek a kvarc-földpát összenövések. A vulkanit-törmelékek közül főleg kovásodott riolitok, tufák, mikrogranofirok vannak jelen, de előfordulnak a korábbi homokkövekre jellemző riolitok is (a Gyűrűfői Riolit Formáció lepusztulásából származó törmelékek). A legértettebb (azaz legtöbb kvarcot

tartalmazó) homokkő a Jakabhegyi Formáció felső részén megjelenő, úgynevezett „irányított kavicsos”, keresztrétegzett homokkő. Ettől felfelé a szemcseméret finomodik, és újra megjelenik kevés plagioklász-törmelék és biotit, valamint kissé felszaporodnak a vulkanit-törmelékek (Fazekas 1987).

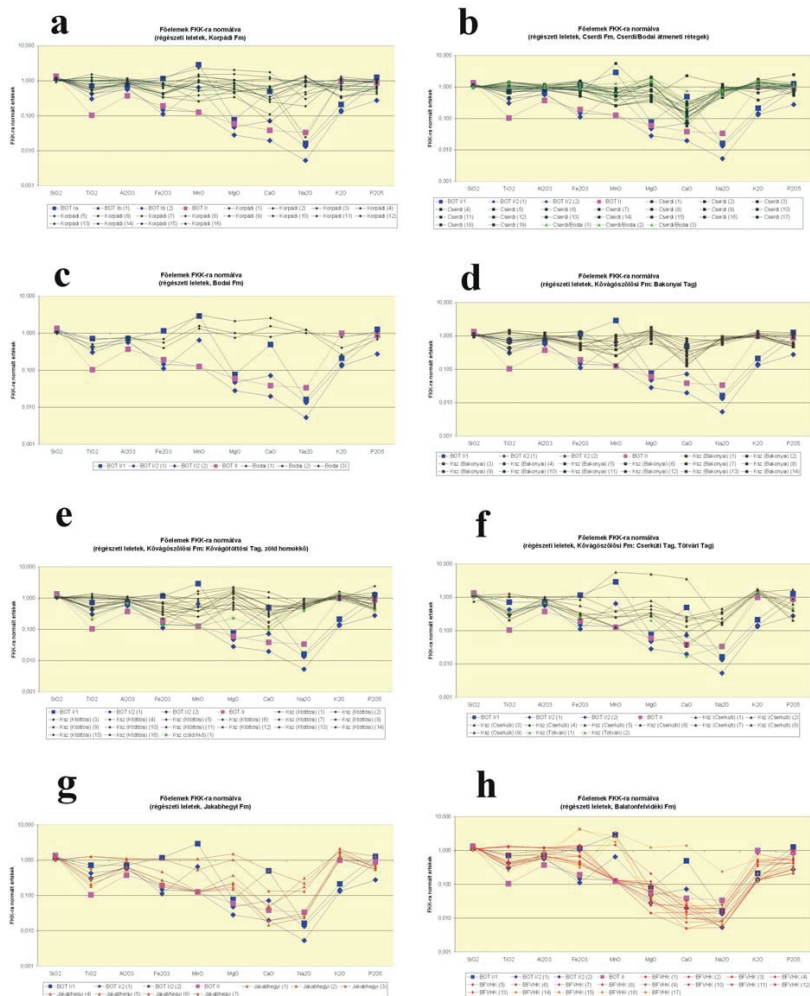
A Jakabhegyi Homokkő Formáció homokkövei törmelékanyagának összetétele egyhangú: fő összetevő a kvarc, alárendelt mennyiségben riolitos alapanyag-törmelékek (felzit), és káli-földpátok vannak jelen (az ikerrácsos mikroklin ritka és csak elvétve fordulnak elő kvarc-földpát összenövésnek). Savanyú plagioklász-törmelékek csak kis mennyiségben a Nyugati-Mecsekben, a rétegsor felső részében jelennek meg. A homokkövek éretlenebb szintjei csillámosak (muszkovit, ritkábban biotit).

A kötőanyag illites-hidrocillámos-, kovás, alárendelten karbonátos (dolomit, kalcit), néhol vörös vasoxidokkal átítatott. A Nyugati-Mecsek kivételével mindenütt kaolinites.

A kvarc-földpát-kőzet-törmelék háromszög-diagramban ábrázolva (Pettijohn et al. 1973) a Jakabhegyi Homokkő Formáció homokkövei zömében kvarcgazdag közettörmelékes homokkövek (szublitarenitek) és kvarcgazdag arkózák (szubarkózák). Kvarchomokkő is megjelenik. SiO₂-tartalmuk is magas. Ezek a jegyek lényegesen különböznek a fentebb bemutatott felső perm homokkövektől (amelyek főleg arkózás homokkövek, azaz földpát-tartalmuk magasabb) (Fazekas 1989).

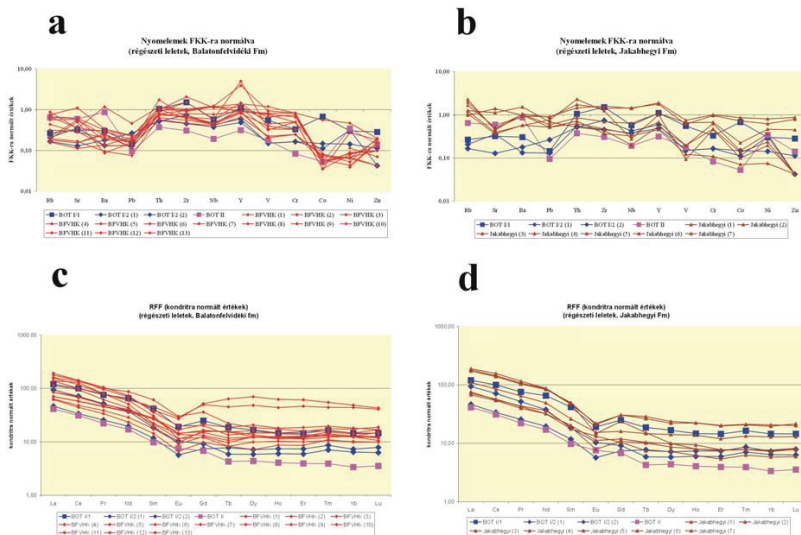
A törmelék szemcsék megoszlása

A régészeti leletek kimérései alapján készített ábrán (**47. ábra**) feltüntettem a Balatonfelvidéki Homokkő érett és éretlen változatai összetétel-mezőjét (Csernussi 1984, Fülöp 1990; Majoros 1998), valamint a mecseki perm-alsó-triász homokkövek összetételét is (átlagértékek: Fazekas 1987, 1989). A régészeti leletek I/1 és I/2 alcsoportját összetételük alapján litarenitek (közettörmelékes arenitek) és szublitarenitek alkotják, összetételük a Balatonfelvidéki Homokkő érettebb, alacsony földpáttartalmú közeitéhez hasonlít. A mecseki vörös homokkövek főként litarenitek, de földpát-tartalmuk magasabb, egyedül a Jakabhegyi Homokkő Formációban fordulnak elő szublitarenitek (szubarkózák és kvarc arenitek mellett). A régészeti leletek II. csoportját a szubarkózák és szublitarenitek közötti átmeneti összetétel jellemzi, ehhez hasonló összetételű homokkövek csak a Jakabhegyi Homokkő Formáció homokkövei között fordulnak elő.



48. ábra

Főelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor & McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: a) Rögészeti leletek (vörös homokkővek), Korpádi Fm b) Rögészeti leletek (vörös homokkővek), Cserdi Fm, Cserdi és Bodai Fm átmeneti rétegei. c) Rögészeti leletek (vörös homokkővek), Bodai Fm. d) Rögészeti leletek (vörös homokkővek), Kővágószőlési Fm, Bakonyai Tagozat. e) Rögészeti leletek (vörös homokkővek), Kővágószőlési Fm, Kővágótöttösi Tagozat (és „zöld homokkő”). f) Rögészeti leletek (vörös homokkővek), Kővágószőlési Fm, Cserkúti és Tótvári Tagozat. g) Rögészeti leletek (vörös homokkővek), Jakabhegyi Fm. h) Rögészeti leletek (vörös homokkővek), Balatonfelvidéki Fm.



49. ábra

Nyomelemek FKK-ra (felső kontinentális kéreg átlagos összetétele, Taylor & McLennan 1985; McLennan 2001) normált értékei: a) Régészeti leletek (vörös homokkővek), Balatonfelvidéki Fm. b) Régészeti leletek (vörös homokkővek), Jakabhegyi Fm. Ritkaföldfémek kondritra (Sun & McDonough 1989) normált értékei: c) Régészeti leletek (vörös homokkővek), Balatonfelvidéki Fm. d) Régészeti leletek (vörös homokkővek), Jakabhegyi Fm.

XII.1.3. Kőzetkémiai elemzés (ICP-MS, ICP-ES)

A régészeti leletek (I. és II. csoport) és új gyűjtésből származó Balaton-felvidéki összehasonlító minták összetételéről nyert adatokat, valamint korábbi elemzések eredményeit (Csernussi 1984), összevettem a fent részletezett mecseki formációk homokköveinek és aleurolitjainak (fűrési magmintákból származó) mérési adataival (R. Varga 2009). Az összehasonlítás megkönnyítése érdekében a fő- és nyomelem-összetéti adatokat a felső kontinentális kéreg (FKK) átlagos összetételéhez (Taylor & McLennan 1985; McLennan 2001), a ritkaföldfém-tartalom adatait a kondrit-összetételhez (Sun & McDonough 1989) hasonlítottam. (48–49. ábra).

Az átlagos FKK-összetételhez viszonyítva a vizsgált régészeti leletek mindegyike erősen szegényedett nátriumban és magnéziumban. A másodlagosan karbonátos kötőanyagú homokkővek kivételével a régészeti leletek kalcium-tartalma is erőteljes szegényedést mutat. A leletek mindegyike gazdagodott szilíciumban.

Az I/1 alcsoport vörös homokkövei vasban és mangánban is gazdagodást mutatnak az FKK-összetételhez képest, míg kismértékű szegényedést titánban és alumíniumban, erősebb szegényedést káliumban.

Az I/2 alcsoport kifakult homokkövei jelentősen szegényedtek vasban és káliumban, gyengébben szegényedtek mangánban és alumíniumban, közepesen szegényedtek titánban.

A II csoport homokköveinek káliumtartalma gyakorlatilag megegyezik az átlagos FKK-összetétellel. A gazdagodást mutató szilícium kivételével az összes főelemben szegényedés tapasztalható (alumínium- közepes, vas, mangán, titán – erősebb, magnézium, kalcium, nátrium – erőteljes szegényedés).

A foszfor-tartalom változását az elemzésben nem vettem figyelembe, mivel a régészeti leletek foszfor-tartalma az eltemetődés során jelentős mértékben megváltozhatott (pl. a talajba került műtrágya hatására).

A balatonfelvidéki összehasonlító minták összetétele az átlagos FKK-összetételhez képest - a régészeti leletekhez hasonlóan - nátriumban, kalciumban és magnéziumban erőteljes szegényedést mutat (kivéve egy régebbi elemzést (Csernussi 1984)). Szilíciumban gazdagodást mutatnak, vas, alumínium, titán, kálium és mangán-tartalmuk változatos, ezen elemekben gazdagodott és szegényedett minták is előfordulnak. A régészeti leletek összetétele – különösen az I. csoporté – jó egyezést mutat a Balatonfelvidéki Formáció homokköveinek összetételével, míg a II. csoport összetétele némileg eltérő: a II csoport titán-tartalma alacsonyabb, kálium és nátrium-tartalma kicsit magasabb.

A mecseki formációkat Raucsikné Varga Andrea PhD munkájában részletesen elemezte (R. Varga 2009), ezért itt csak a potenciális nyersanyagforrások azonosítása szempontjából fontos részleteket emelem ki.

A Jakabhegyi Formáció (és a Korpádi Formáció egyik elemzett mintájának) kivételével valamennyi fentebb részletesebben bemutatott mecseki törmelékes formáció homokköveinek nátrium- és magnézium-tartalma jelentősen magasabb, mint a régészeti leleteké. A korpádi homokkő azonban szemcseösszetétele alapján kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

A mecseki minták kálium-tartalma a II. csoport kálium-tartalmához áll közel, azaz lényegesen magasabb, mint az I csoport homokköveinek kálium-tartalma.

A nyomelemek átlagos FKK-összetételre normált értékeit vizsgálva (**49.a-b ábra**) látható, hogy a vizsgált régészeti leletek általában minden nyomelemben szegényedést mutatnak, kivételt csak az I/1-es csoport vörös homokkőmintája jelent, amelynek Zr-, Y- és Th-tartalma

kis mértékű gazdagodást mutat. Az I/2-es csoport kifakult homokkövei nyomelemekben szegényebbek, mint az I/1-es csoport vörös homokkövei. Nyomelemekben legszegényebb a II. csoportba sorolt homokkő-minta.

A Balatonfelvidéki és a Jakabhegyi Formáció homokköveinek és aleurolitjainak nyomelem-összetétele változatos, mindazonáltal a normált nyomelem-összetételi görbékét összevetve a Balatonfelvidéki és a Jakabhegyi Formáció homokköveinek és aleurolitjainak összetételével látható, hogy az I. csoport mintáinak összetétele a Balatonfelvidéki, a II. csoport összetétele inkább a Jakabhegyi Formáció mintáinak összetételéhez hasonlít. Utóbbi esetben az egyezés nem olyan jó, mint az I. csoport esetében, amit a II. csoport mintájának általános alacsony nyomelem-tartalma magyaráz, de a görbe lefutása hasonlít a Jakabhegyi Formáció mintái görbéinek lefutásához.

A minták ritkaföldfém-tartalmát vizsgálva (**49.c-d ábra**) szintén megállapítható, hogy az I/2-es csoport kifakult homokkövei az I/1-es csoport vörös homokköveinél szegényebbek ritkaföldfémekben, de némileg gazdagabbak, mint a II. csoport homokkövei.

A Balatonfelvidéki Formáció homokköveinek ritkaföldfém-tartalma általában magasabb, mint a Jakabhegyi Formáció homokköveinek és aleurolitjainak ritkaföldfém-összetétele. Az I/1-es csoport mintáinak összetétele a Balatonfelvidéki, a II. csoport összetétele inkább a Jakabhegyi Formáció mintáinak összetételéhez hasonlít, míg az I/2-es csoport kifakult homokköveinek összetétele mindkét Formáció összetételéhez hasonlít.

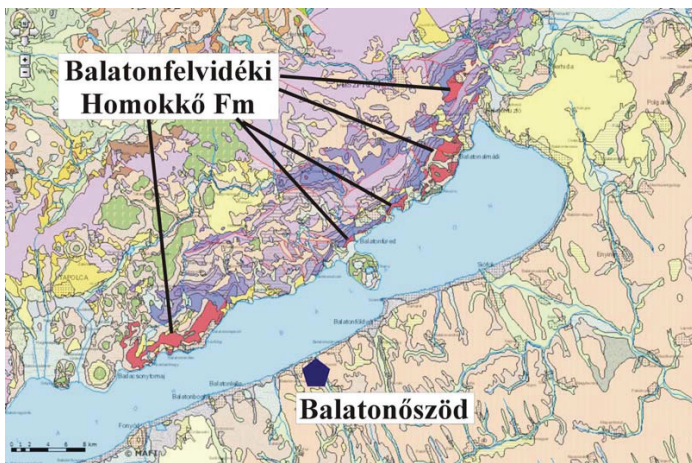
XI.I.4. Az eredmények értékelése, a legvalószínűbb forrásterületek

A vékonycsiszolatos vizsgálatok eredményeit a lehetséges forrásrégiókból származó homokkövek összetételével és szöveti jellegeivel összevetve a következő megállapításokat tettem:

Az I. csoport mind ásványos összetételében, mind az egyes összetevők megjelenésében és a törmelékfajták arányában, mind pedig kémiai összetételében nagyon hasonlít a Balatonfelvidéki Homokkő Formáció Vörös homokkő és aleurolit tagozatának homokköveire, azok közül is elsősorban a második kifejlődési típusra (szinte földpátmentes, érett homokkő, kvarc és közettörmelék túlsúlyával a törmelékes szemcsék között (litarenitek)). Ez a típus a Déli-Balaton-felvidék peremi területein és az Északi-Balaton-felvidéken a formáció alsó részére jellemző. (**50. ábra**)

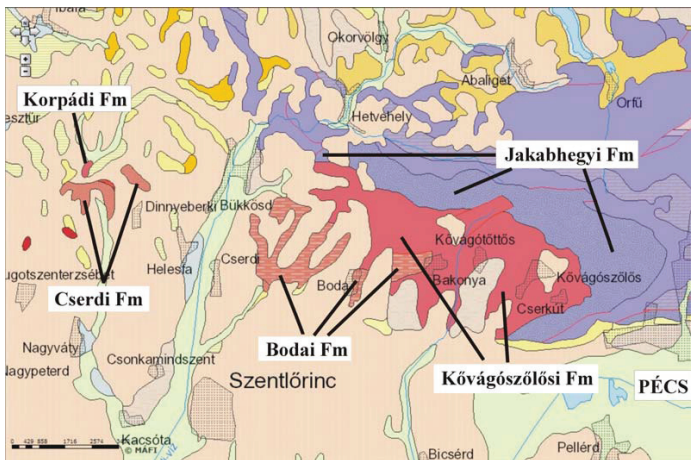
A II. csoport mind ásványos összetételében, mind az egyes összetevők megjelenésében és a törmelékfajták arányában, mind pedig kémiai összetételében nagyon hasonlít a Jakabhegyi Homokkő Formáció vörös homokköveire, különösen a formáció felsőbb szintjeihez, amelyekben a vulkanit-törmelék és a csillámok száma újra növekedni kezd és elvétve plagioklász is megjelenik. (51. ábra)

A Nyugati-Mecsek vörös homokkövei a Jakabhegyi homokkővet kivéve kizárhatóak a lehetséges nyersanyagforrások közül, elsősorban magas káliföldpát tartalmuk, valamint a régészeti leletek anyagánál jelentősen nagyobb nátrium- és magnézium-tartalmuk miatt. A Korpádi Formáció homokkövei magas közettörmelék-tartalmuk és a közettörmelékek között gyakori, jellegzetes megjelenésű, andezites összetételű, helyenként trachitos szövétű vulkanit-törmelék miatt. A Cserdi Formáció homokkövei magas káliföldpát és plagioklász tartalmuk, általában osztályozatlan voltak, illetve a mátrix nagy mennyisége miatt. A Kővágószőlősi Homokkő Formáció Bakonyai Tarkahomokkő tagozatának homokkövei rossz osztályozottságuk és szemcsésen széteső voltak miatt, a Kővágótöttösi Szürkehomokkő Tagozat homokkövei színük és magas szervesanyag-törmelék tartalmuk miatt. A Cserkúti Vöröshomokkő Tagozat homokkövei sok tulajdonságukban hasonlítanak az I. és II csoport homokköveire (még helyenként kifakult színükben is), de jelentős földpát-tartalmuk miatt kizárhatóak a lehetséges nyersanyagok közül. A Tótvári Homokkő Tagozat homokkövei osztályozatlanságuk, nagy mennyiségű riolit-törmelék tartalmuk miatt szintén kizárhatóak.



50. ábra

Geológiai térkép (Budai & Gyalog 2010), módosítva: a régészeti lelőhellyel és a vizsgált régészeti leletek (I. homokkő csoport) nyersanyagának legvalószínűbb származási helyeivel. (Vörös szín: Balatonfelvidéki Homokkő Fm a felszínen.)



51. ábra

Geológiai térkép (Budai & Gyalog 2010), módosítva: mecseki perm-triász törmelékes formációk a felszínen. A II. homokkő-csoport nyersanyaga a Jakabhegyi Formáció homokkövei közül eredeztethető.

XI.II. Szürke, csillámos, karbonátos kötőanyagú homokkő

Ebből a nyersanyagból csak kisszámú (5 db) lelet került elő, mindegyikük jellegtelen töredék, eredeti funkciója nem állapítható meg.

XI.II.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei

- III. csoport (5 példány):

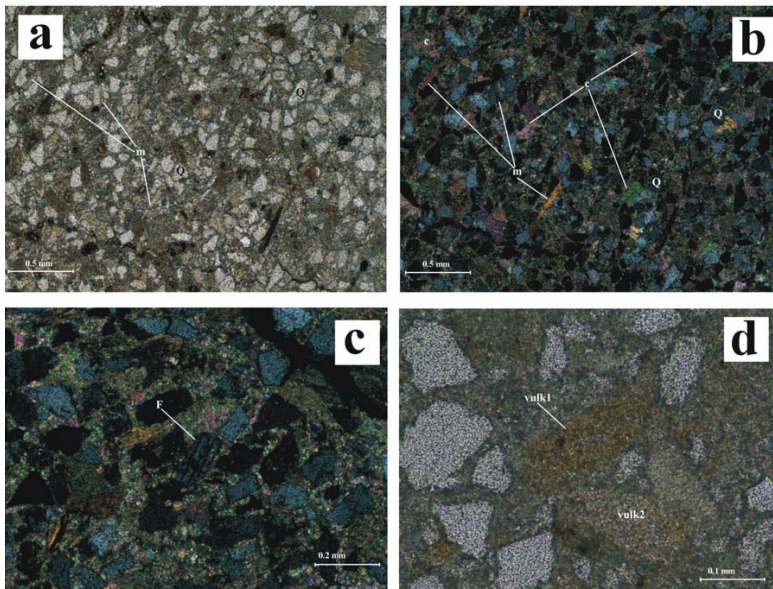
Finomszemcsés, jól osztályozott, világosszürke (lilas és sárgás mállási foltokkal), karbonátos kötőanyagú homokkővek (**44.e ábra**). Fő alkotójuk a kvarc és a csillámok (a csillámszemcsék világos, kifakult biotit, durvább szemcseméretűek a kvarcsemménél). A csillámok réteglapok mentén dűsulnak, ez palás képet kölcsönöz a kőzetnek. Sok finom, fekete szemcse található a kőzetben (finomabb szemcseméretű, üdőbb biotit).

Mikroszkópos jellemzők:

A törmelékes eredetű alkotók között ebben a csoportban is a kvarc a legfontosabb (finom szemcseméretű, jól osztályozott, szögletes szemcsék), a polikvarc (szutúrás érintkezésű, enyhén hullámos kioltású, irányított szövétű szemcsék) mennyisége alárendeltebb (**52.a-d ábra**).

A csillámok mennyiség-aránya nagyobb, mint az I. és II. csoportban, üde és kifakult, kloritosodott biotit-szemcsék egyaránt megtalálhatóak, az átalakulás akár egy szemcsén belül is megfigyelhető (erős pleokroizmusú maggal rendelkező, szintelen külső zónájú szemcsék).

A földpátokat erősen átalakult, bontott mikroklin-szemcsék (kezdődő pertitesedés nyomaival, néhol erős szericitedéssel), valamint a káliföldpátoknál üdőbb plagioklászok képviselik (52.c ábra). Savanyú vulkanit-törmelékek ebben a csoportban is megtalálhatóak (52.d ábra). Jellegzetes az amfibol és az ilmenit megjelenése is a törmelékanyagban. Néhány szemcsén a korábbi csoportokban jellemző limonitos kéreg figyelhető meg. A kőzet mátrixvázú, a kötőanyag pátitos, a karbonátszemcsék egy része ikresedett (de ezt a vékonycsiszolat készítése közben fellépő nyomás is okozhatja).



52. ábra

a-b) Petrográfiai-mikroszópós fotó (a: 1N, b: +N): szöveti kép: kvarc (Q)- és csillám-szemcsék (m) pátitos mátrixban (C – kalcit). c) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): plagioklász-kristály (F). d) Petrográfiai-mikroszópós fotó (1N): savanyú vulkanit-törmelék-szemcsék (vulk1, vulk2). (Régészeti leletek, szűrke, csillámos, karbonátos kötőanyagú homokkövek, III csoport, BOT 13)

XI.II.2. Az eredmények értékelése, a legvalószínűbb forrásterületek

A III. csoport homokkövei makroszkópós és mikroszkópós megjelenésükben is a régészeti lelőhely közelében sokfelé megtalálható fiatal homokkövekre hasonlítanak. Pontosabb nyersanyagforrás meghatározására a nagyszámú, hasonló kőzetanyagú lelőhely, és az ezekről a lelőhelyekről származó homokkövek törmeléksejtszerű részletes leírásának hiánya miatt nem vállalkozhatom, mindazonáltal a homokkő éretlensége (azaz magas földpát-tartalma) csak rövid szállítódásra utal, az amfibol jelenléte pedig viszonylag közeli, amfibolt is

tartalmazó kőzetekből álló lepusztulási területet valószínűsít. Meg kell jegyeznem, hogy a régészeti lelőhely közelében, a balatonboglári bazalttufa, a balatonszemesi bazaltkavicsok és a fonyódi Várhegy bazaltja is tartalmaznak amfibolt, utóbbi ilmenitet is (Vitális 1904; Mauritz 1948; Martin & Németh 2004). A leletek jellege miatt (valószínűleg mindennapi, különleges minőségű nyersanyagot nem igénylő használati eszközök töredékei) a régészeti lelőhelyhez közeli nyersanyagforrás valószínűsíthető.

Részösszefoglalás – homokkövek

Végeredményként megállapíthatjuk, hogy a vizsgált, Balatonöszöd–Temetői dűlőről előkerült vörös (és kifakult, fehér) homokkő anyagú leletek legnagyobb részének nyersanyaga (I. csoport: 183 db) ásványos összetételűk, szövetűk, a törmelékfajták aránya, valamint kémiai összetételük alapján a Balatonfelvidéki Homokkő Formáció Vörös homokkő és aleurolit tagozatába sorolt homokkövek közül került ki, a szinte földpátmentes, kvarc és közettörmelék túlsúlyával jellemezhető érettebb homokkő típusból. Ez a típus a Déli-Balaton-felvidék peremi területein és az Északi-Balaton-felvidéken a formáció alsó részére jellemző (**50. ábra**). A vizsgált homokkövek kis részének (II. csoport: 5 db) nyersanyaga a Nyugati-Mecsekből, a Jakabhegyi Homokkő Formáció felsőbb szintjeiben megjelenő homokkövek közül eredeztethető (**51. ábra**).

A III. csoportba sorolt szürke, csillámos, pátitos kötőanyagú, fiatal homokkövek (5 db) nyersanyagforrásának pontosabb meghatározására a nagyszámú, hasonló kőzetanyagú lelőhely miatt nem vállalkozhatom, de a leletek jellege miatt (valószínűleg mindennapi, különleges minőségű nyersanyagot nem igénylő használati eszközök töredékei) valószínű, hogy a régészeti lelőhelyhez közeli forrásból származnak.

XII. BAZALTOS LAPILLITUFA

A leletek között 11 db, bazaltos lapillitufa anyagú van, ezek őrlőkövek, őrlőkövek töredékei, illetve jellegtelen töredékek.

XII.1. A petrográfiai és az elektron-mikroszondás vizsgálatok eredményei

Makroszkópos jellemzőik alapján a lapillitufákat két csoportra bontottam.

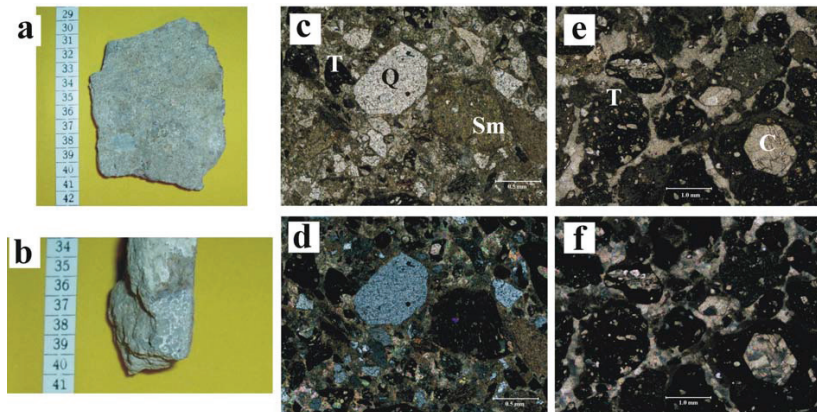
- 1. változat (4 db):

Barna, szürkésbarna, üdőbb felületen szürke, szemcsevázú piroklasztit. A felületen néhol fehér, karbonátos bevonat alakult ki az eltemetődés során. A szemcseméret változó: a durvább-szemcsés részen az átlagos szemcseméret 1-1,5 mm, de 4 mm-es szemcsék is

előfordulnak, a finomabb-szemcsés részen a szemcsék mérete 0,5-1 mm. A szemcseméret változása folyamatos, nincs éles réteghatár a durvább és a finomabb szemcsés rész között, azaz gradáció figyelhető meg. A szemcsék szögletesek, vagy nagyon gyengén kerekítettek, színük változatos (fekete, szürke, vörösbarna, zöldes-szürke vagy fehér).

- 2. változat (7 db):

Barnás-szürkés színű, szemcsevázú piroklasztit, a mátrix mennyisége nagyobb, mint az 1. változatban. A felületen néhol fehér, karbonátos bevonat alakult ki az eltemetődés során. A kőzet az 1. változathoz hasonlóan gradált, de a szemcseméret durvább, mint az 1. változatnál (**53.a ábra**): a durvább szemcsés részen az átlagos szemcseméret 2-3 mm, de 12 mm-es szemcsék is előfordulnak, a finomabb-szemcsés részen a szemcsék mérete 0,5-3 mm. A szemcseméret változása folyamatos, nincs éles réteghatár a durvább és a finomabb szemcsés rész között. A szemcsék általában szögletesek, a kisebb szemcsék között nagyon gyengén kerekítettek is előfordulnak, színük változatos (barna, szürke, zöldesszürke). A nagyobb, lapilli-méretű szemcsék némelyike mállott. Üde (vágott) felületen a nagyobb, több mm-es lapillik némelyikének belső szerkezete is látható: sötét alanyanyagban legfeljebb 0,5 mm-es, szögletes, fehér vagy sötétszürke „porfirok” láthatóak (**53.b ábra**).



53. ábra

Bazaltos lapillitufa a) Makroszkópos fotó (2. változat, BOT 7/b). b) Makroszkópos fotó: gradált rétegzés (2. változat, BOT 7/b). c-d) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (c: 1N, d: +N): szöveti kép: kvarc (Q), szideromelan (Sm) és tachylit (T) közetűveg-szilánkok pátitos karbonátos mátrixban (1. változat, BOT 7). e-f) Petrográfiai-mikroszkópos fotó (e: 1N, f: +N): szöveti kép: tachylit közetűveg-szilánkok pátitos karbonátos mátrixban. Olivin utáni kalcit pszeudomorfóza (C) palagonitosodott szegélyű tachylitben. (2. változat, BOT 7/b).

Mikroszkópos jellemzők:

- 1. változat:

A kőzet áthalmozott lapillis bazalttufa: oligomikt, közepesen osztályozott, szemcsevázú.

Uralkodó mennyiségben közettörmeléket tartalmaz, amely közepes vagy durva szemcseméretű (a szemcsék mérete néhány száz μm -es, mm-es), általában kerekítetlen, ritkán kerekített szemcsék formájában van jelen (ami kis mértékű, akár helyben történt áthalmozásra utalhat). A közettörmelék uralkodóan változatos szövetű, gyakran mandulaköves bazalt-törmelék: sötétszürke, fekete közetüvegben gömbölyű karbonátos szemcsék (mandulakövek), illetve olivin utáni karbonát-pszeudomorfózák figyelhetők meg (**53.b,e. ábra**). Gyakorik a szinte teljesen üveges, hólyagüreges (mandulaköves) szilánkok: sötét színű tachilit és alárendelt mennyiségben világos színű szideromelán is. A közetüveg a törmelék-szemcsék szegélyén gyakran átalakult (palagonitosodott) (**53.b,e. ábra**).

A bazalt-törmelék mellett alárendelt mennyiségben a vulkáni fázisok előtt képződött kőzetek feltépt törmelékei is megtalálhatók a kőzetben: kisfokú metaszediment (agyagkő?)-szemcsék, savanyú vulkanit-törmelékek (világos színű üveges alapanyag-szemcsék, szegélyükön vörös limonitos-hematitos elszíneződéssel), valamint szögletes, változó szemcseméretű (általában néhány száz μm -es) kvarcszemcsék és nagy méretű (mm-es), átalakult, idiomorf-hipidiomorf, táblás-léces megjelenésű káliföldpátszemcsék is megjelennek a kőzetben (**54.a ábra**). Előfordulnak irányított, folyásos szövetű metaüledék-közzettörmelék-szemcsék is (**54.e ábra**).

Kéregzárvány (nagy méretű kvarcit sok opak szemcsével) is található a kőzetben.

A kötőanyag pátitos karbonát, helyenként limonitos-hematitos, valószínűleg későbbi cementáció terméke.

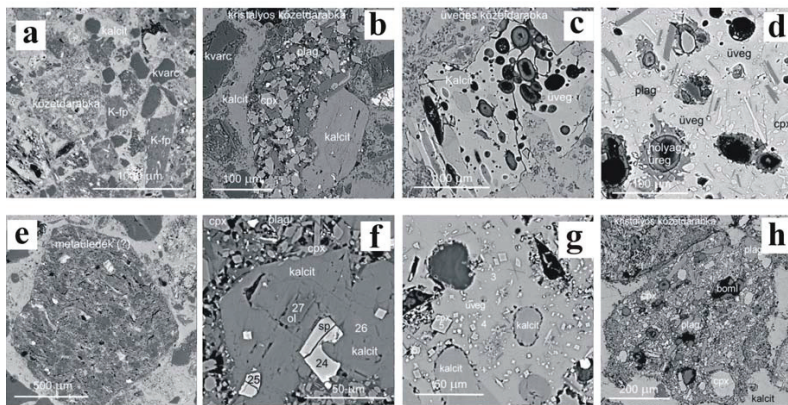
A makroszkóposan látható gradáció a csiszolatban is megfigyelhető.

- 2. változat:

A kőzet áthalmozott lapillis bazalttufa: osztályozatlan, a szemcsék kerekítetlenek (a kőzet megjelenése breccsás jellegű), szemcsevázú, bár helyenként a mátrix kerül túlsúlyba.

Uralkodó mennyiségben ez a változat is közettörmeléket tartalmaz, amely általában durva szemcsés (mm-es szemcseméretű) mandulaköves bazalt (sötét (sötétszürke, fekete) közetüvegben karbonátos mandulakövekkel, **53.c,f ábra**). A bazalt-törmelék egyes szemcséiben opakásvány dúsulás figyelhető meg, egy-egy szemcsében olivin utáni kalcit pszeudomorfózák láthatóak (**53.c,f ábra**). Előfordulnak olivin átalakulásából keletkezett mélyvörös, teljes egészében iddingzitesedett szemcsék is. Gyakorik a szinte teljesen üveges, hólyagüreges (mandulaköves) szilánkok: sötét színű tachilit és alárendelt mennyiségben

világos színű szideromelán is. A kőzetűveg a törmelék-szemcsék szegélyén gyakran átalakult (palagonitosodott) (**53.c,f ábra**). A szemcséket uralkodóan vulkáni eredetű törmelék alkotja, kevésbé oligomikt, mint az 1. változat, csak nagyon kevés kisfokú metamorfit jelenik meg. Kéregzárvány (több mm-es kvarcit sok opak szemcsével) is található a kőzetben. A kötőanyag pátitos karbonát, a kőzetet teljesen átítatja, valószínűleg későbbi cementáció terméke.



54. ábra

Bazaltos lapillitufa (a) SEM-fotó: szöveti kép: bazaltos kőzetdarabkák, kvarc- és kálföldpát-szemcsék karbonátos mátrixban (1. változat, BOT 7). b) SEM-fotó: klinopiroxénből és plagioklászokból álló kristályos bazalt kőzetdarabka (1. változat, BOT 7). c) SEM-fotó: üveges bazalt kőzetdarabka különböző kitöltésű hólyagüregekkel (1. változat, BOT 7). d) SEM-fotó: a c)-n látható üveges bazalt kőzetdarabka nagyított képe: klinopiroxén- és plagioklász mikrolitok a kőzetűvegben (1. változat, BOT 7). e) SEM-fotó: metaüledék kőzetdarabka (1. változat, BOT 7). f) SEM-fotó: karbonátosított olivinszemcsé idiomorf spinell-zárvánnyal. A szemcsében még van üde olivinofoszlány (1. változat, BOT 7). g) SEM-fotó: üveges kőzetdarabka klinopiroxén- és plagioklász-mikrolitokkal, kalcitos kitöltésű hólyagüregekkel (2. változat, BOT 7/b). h) SEM-fotó: klinopiroxénből és plagioklászokból álló kristályos, hólyagüreges bazalt kőzetdarabka (2. változat, BOT 7/b).

Elektron-mikroszkopos vizsgálatok eredményei:

A bazaltos kőzettörmelékek kristályosságai fokuk alapján két csoportba sorolhatók, mindkét csoport megtalálható mindkét változatban.

Az első csoportba teljesen kristályos, intergranuláris vagy porfíros intergranuláris szövettű kőzettörmelékek tartoznak, amelyek fő alkotói titánaugit összetételű klinopiroxének (TiO_2 -tartalom: 3,27-4,78%, Al_2O_3 -tartalom: 8,12-10,94%) és An_{64-71} -összetételű plagioklászok, illetve az alapanyagukban szintén titánaugitos, de változatosabb összetételű klinopiroxének (TiO_2 -tartalom: 1,53-4,15%, Al_2O_3 -tartalom: 4,39-11,01%) és An_{62-69} -összetételű plagioklászok (**54.b,h ábra**). Nagyon ritkán 60-80 μm -es nagyságú, idiomorf klinopiroxén (titánaugit) mikrofénokristályok is előfordulnak (TiO_2 -tartalom: 2,63-3,99%, Al_2O_3 -tartalom: 7,80-9,67%, **54.h ábra**). Az egykori alkáli bazalt olivin feno- és xenokristályai

karbonátosodtak, helyüket 5-7%-os vastartalmú kalcit töltötte ki. A kalcitos szemcsék eredetét nem csak a bazaltos törmelésekben való megjelenésük és alakjuk bizonyítja, néhány szemcsében ugyanis még előfordulnak nagyon kis méretű, üde (Fo_{87} -összetételű) olivin-reliktumok és az olivin-xenokristályokra jellemző idiomorf króm-spinell zárványok is (28-30% Cr_2O_3 -tartalommal) (**54. ábra**). Néhány kőzetdarabkában titanomagnetit-kristályok is találhatóak (TiO_2 -tartalom: 16,36-17,36%, FeO -tartalom: 62-91-66,70%).

A második csoportba szinte teljesen üveges törmelék-szemcsék (tachilitek, szideromelánok) tartoznak, amelyekben karbonátos (illetve azonosítatlan szilikátos) kitöltésű hólyagüregek, valamint igen apró, idiomorf klinopiroxén- és plagioklász-kristályok vannak (**54.c-d,g ábra**). A kőzetüveg összetétele alkáli-bazaltokra jellemző. A klinopiroxén ebben a típusban is titánaugit (2,21-4,63% TiO_2 -tartalommal és 5,55-10,76% Al_2O_3 -tartalommal), a plagioklászok An_{67-71} -összetételűek. Az üvegben ritkán bontott szegélyű albit-szemcsék is megjelennek ($\text{An}_{1,7}\text{Ab}_{95,7}\text{Or}_{2,5}$).

A kétféle bazaltos kőzettörmelékben előforduló klinopiroxének és plagioklászok összetétele nagyon hasonló, alkáli-bazaltokra jellemző típusú, az üveges törmelékek kőzetüvegének összetétele is a differenciált (alacsonyabb magnézium-tartalmú) alkáli-bazaltokra jellemző (**57. ábra**).

Az 1. változatban nagyobb számban megjelenő (a 2. változathoz szinte teljesen hiányzó) metaüledékek kvarcot, káliföldpátot ($\text{An}_{0,2}\text{Ab}_{28,9}\text{Or}_{70,9}$) és ezek bomlástermékeit tartalmazzák (**54.e ábra**).

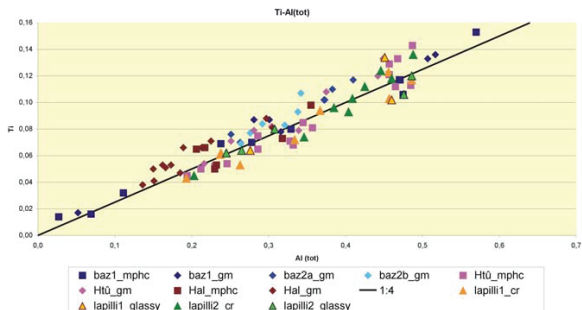
A mátrix vastartalmú kalcit (5-7% FeO -tartalommal), amely lényegében megegyezik az olivin utáni átalakokat alkotó kalcit vastartalmával, bár a vas eloszlása nem egyenletes, apróbb foltokban magasabb, illetve alacsonyabb a kalcit vastartalma.

XII.2. Ásványkémiai elemzési eredmények értelmezése – összehasonlítás a lehetséges forrásterületekkel

Klinopiroxén a bazaltos kőzettörmelésekben

A régészeti leletek anyagában megjelenő bazaltos kőzettörmelésekben megjelenő klinopiroxének titán-alumínium-arányai jól illeszkednek az 1:4 egyenesre (a kristályos és az üveges típusban egyaránt) (**55. ábra**, az ábrán Kóthay 2009 adatok is.). Ez az arány jellemző a lelőhelyről előkerült bazalt anyagú kőbalták nyersanyagában előforduló klinopiroxénekre is (lásd az 1., bazaltokról szóló fejezetet, valamint Péterdi et al. 2011b), valamint a Balaton-felvidéki bazaltokban megjelenő titánaugit-kristályokra (Dobosi 1989), és a Grazi-medence bazaltjainak alapanyagában és mikrofenokristályként megjelenő klinopiroxénekre (Dobosi et

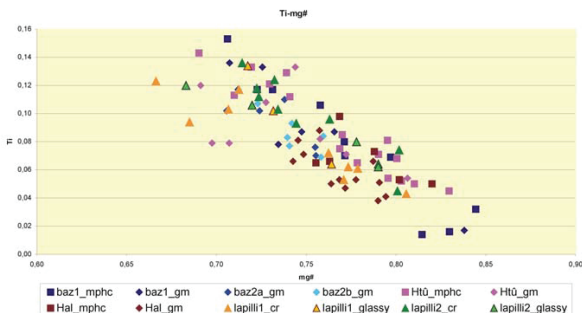
al. 1991). A nógrádi bazaltok titánaugitjai között az 1:4-aránynál kisebb értékek is nagy számban megfigyelhetők (egészen 1:8-arányig) (Dobosi 1989), a Pál-hegy bazaltjaiban pedig magasabb (1:3, 1:2) arány jellemző (Dobosi et al. 1991).



55. ábra

Ásványkémia. Klinopiroxének Ti-tartalma az Al-tartalom függvényében. (Régészeti leletek (bazaltok, bazaltos lapillitufák); Hegyestű, Haláp) (Jelölések: mphc: fenokristály, mikrofenokristály, gm: alapanyag, cr: kristályos közetdarabka, glassy: üveges közetdarabka)

A régészeti leletek klinopiroxénjeinek magnézium-száma (0,67-0,81) is a Pannon-medence fiatal bazaltjaira jellemző tartományba (0,69-0,86, Dobosi 1989) esik, és ezekhez ugyancsak hasonlóan a titán-, illetve alumínium-tartalom növekedésével a magnézium-szám csökken (Dobosi 1989; Dobosi et al. 1991) (56. ábra, az ábrán Kóthay 2009 adatok is.). Az Al^{VI}/Al^{IV} -arány a vizsgált minták klinopiroxénjeiben 0,07-0,30 között változik, az átlagérték 0,19. Ezek az értékek egybeesnek a Balaton-felvidéki bazaltok piroxénjeire jellemző Al^{VI}/Al^{IV} értékekkel (arány: 0,04-0,57 között, átlag: 0,29, Dobosi 1989). A nógrádi bazaltokra jellemző Al^{VI}/Al^{IV} értékek magasabbak (arány: 0,40-1,02 között, átlag: 0,60, Dobosi 1989), a Grázi-medence és Pálhegy (Burgenland) bazaltjaira azonban a Balaton-felvidékihez hasonló, alacsony értékek a jellemzőek, kivéve Stradner Kogel lelőhelyet, ahol a nógrádi bazaltoknál is magasabb értékek jellemzőek (Dobosi et al. 1991).

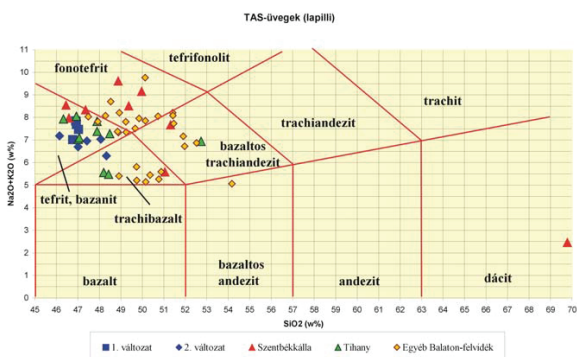


56. ábra

Ásványkémia. Klinopiroxének Ti-tartalma magnézium-szám függvényében. (Régészeti leletek (bazaltok, bazaltos lapillitufák); Hegyestű, Haláp) (Jelölések: mphc: fenokristály, mikrofenokristály, gm: alapanyag, cr: kristályos közetdarabka, glassy: üveges közetdarabka)

Kőzetüveg a bazaltban

A régészeti leletekben megjelenő bazaltos kőzetüveg darabok (tachilitek) összetétele a TAS (total-alkali-silica) – diagramon a tefrit-bazanit, illetve a trachibazalt tartományba esik (**57. ábra**). A Balaton-felvidéki bazaltos piroklasztitokban előforduló kőzetüveg-szilánkok összetétele szintén lefedi ezt a tartományt, de a fonotefrit, bazaltos trachandezit mezőbe is nagymértékben átnyúlik (**57. ábra**, Németh et al. 2003; Martin & Németh 2004). A kőzetüveg-szilánkok összetétele egy-egy lelőhelyen belül is nagy változatosságot mutat (lásd pl. a szentbékálai vagy tihanyi kőzetüveg-összetételeket, **57. ábra**). A terület piroklasztitjai között a legdifferenciáltabb kőzetüvegek tefrifonolitos összetételűek (Martin & Németh 2004).



57. ábra

Bazaltos lapillitufákban és tufákban megjelenő kőzetüveg-szilánkok összetétele. TAS (Total Alkali-Silica)-diagram (régészeti leletek, Balaton-felvidék).

XII.3. Az eredmények értelmezése, lehetséges forrásterületek

A szerszámkövek (pl. őrlőkövek) készítéséhez alkalmas nyersanyagnak csak alacsonyabb minőségi követelményeknek kell megfelelnie, mint egy csiszolt köeszköz (kőbalta) nyersanyagának. Éppen ezért nem valószínű, hogy ez a nyersanyag távoli forrásterületről származna. A Balaton-felvidéki és kislalföldi bazalt-vulkánok nagy része nem csak lávaközeteket, hanem piroklasztitokat is produkált, gyakran nagyobb mennyiségben, mint lávaközeteket. Ulrike Martin és Németh Károly összefoglaló munkája (Martin & Németh 2004) alapján sorra vettem az egyes lelőhelyeket. Terjedelmi okokból jelen értekezésben csak a potenciális nyersanyagforrásként szóba jöhető lelőhelyeket mutatom be részletesebben.

A régészeti leletek nyersanyagának forrásterületei közül a kőzetüveg-szilánkok kémiai összetétele alapján kizárható: a Horog-hegy és a Fekete-hegy.

A felszakított közettörmelékben megjelenő mezozoós karbonátos kőzetek miatt kizárható: a Horog-hegy, a Kis-Hegyes-tű, Hegyesd, a Bondoró-hegy, Szentbék-kála és a Harasztos-hegy.

Akkreciós lapilli-tartalom miatt kizárható: a Bondoró-hegy, a pulai 3. fácies, a Kis-Somlyó 1. egysége, a Ság-hegy és Grad (Szlovénia).

Amfibol-tartalom alapján kizárható: Balatonboglár és a Tobajhoz közeli Kálvária-hegy (Binderberg, Ausztria).

A mátrix nagy muszkovit-tartalma miatt kizárható: a zánkai Vár-hegy, a Horog-hegy, a Kis-Somlyó 2. egységének finomszemcsés rétegei, Egyházaskesző, Hercseg-hegy és a Somló.

A tachilitekben csapadózódott iszap-törmelék illetve vulkáni hamu alapján: a Véndek-hegy és a Hármashegy.

A leírások alapján a közetüveg-szilánkok között a világos színű szideromelán üveg-szilánkok túlsúlyával jellemezhető piroklasztitok, amelyekben tachilit nem, vagy csak alárendelt mennyiségben található a következők: a Haláp, a Badacsony, a szigligeti 2. egység, az uzsai 1. egység, a Tátika, a Ság-hegy, Gérce-Sitke és Hárs-patak (Limbach, Ausztria).

Kizárható még a pulai 1. fácies a vulkáni üveg-szilánkok alárendelt mennyisége miatt és a pulai 4. fácies a nagy mennyiségű kristálytörmelék (olivin, piroxén) miatt.

A fennmaradó lelőhelyek közül a leírások részleges volta miatt nem zárható ki: a tihanyi freatomagmás egységek (PH 1-4), a pulai 2. fácies, a Kab-hegy, a Gulács, a szigligeti 1. egység, Gérce-Sitke (a mátrixban szegény, vulkáni üveg-szilánkokban gazdag, kalcit-cementált változatok)

A régészeti leletek anyagára nagyon hasonlít a tihanyi 1. és 2. maart kitöltő egységek, a Hajagos/Diszel, a Csobánc, a Kereki-hegy, a szigligeti 3. egység, a Szentgyörgy-hegy, az uzsai 2. egység, a Bazsi és Tátika között felszínre bukkanó piroklasztitok, a Kis-Somlyó 2. egységének durvaszemcsés rétegei.

A nyersanyagforrásként szóba jöhető lelőhelyek:

- Tihany, 1. freatomagmás egység (PH 1): a közettörmelék aránya 80% körül van, a feltéptet klasztok között sok a neogén sziliciklasztos- és a perm vörös homokkő-törmelék.

2. freatomagmás egység (PH 2): a közettörmelék aránya 60-80% között van, nagyrészt (mintegy 30-30%-ban) szilur pala- és perm vörös homokkő-törmelék alkotja.

1. és 2. maart kitöltő egységek: kalcittal cementált, gyakran inverz-gradált rétegek, a piroklasztit gazdag törött feno- és xenokristályokban. Nagy mennyiségű sötét színű tachilit és világos szideromelán vulkáni üveg-szilánkot tartalmaz. Viszonylag jól osztályozott, az üveg-

darabok kerekítettek (ez áthalmozásra, újra-feldolgozásra utal), szegélyük gyakran palagonitos.

- Hajagos/Diszel: durvaszemcsés, gradált lapillitufa és finomszemcsés tufa rétegcsoportok váltakoznak. A bázisos, kisé mikrohólyagüreges, főként tachilit közetüveg-szilánkok mérsékelt kerekítettek, szegélyük átalakult. A szögletes szideromelán közetüveg-szilánkok mennyisége alárendelt, a bennük megjelenő mikrolitok gyengén irányítottan helyezkednek el. Újra feltépett, áthalmozott lapillitufa-klasztok (egy korábban konszolidálódott lapillitufa törmelékei) is előfordulnak. A durvaszemcsés lapillitufákat később áttörő lávaközetek kontaktusán kialakult peperitekben nagyon vékony (kevesebb, mint 1 mm-es) hülési szegélyű, legfeljebb néhány cm-es méretű bazanit-törmelék található.

- Csobánc: rosszul rétegzett, gyengén osztályozott, gyakran szemcsevázú lapillitufa és lapillikő. Nagy mennyiségű juvenilis elegyrészt tartalmaz, gazdag erősen palagonitosodott vulkáni üveg-szilánkokban. Az eredeti mátrix valószínűleg kimosódott, a helyét kalcit foglalta el. A mátrixban aleurit és homok-szemcsék is vannak, az iszap-darabok között néhány lapilli-méretű is előfordul.

- Pula: 2. fácies: vastagabb pados, durvaszemcsés lapillitufa, nagyrészt inverz-gradált rétegekkel. A közetüveg-szilánkok összetétele tefrites, fonotefrites, szögletes alakúak, mérsékelt hólyagüregesek és mikrolit-szegények.

- Kab-hegy: hólyagüreges, salakos lapilliket tartalmazó lapillitufák.

- Kereki-hegy: jól rétegzett piroklasztitok, gazdagok megnyúlt, vagy blokkos, mérsékelt mikrohólyagüreges, tefrites összetételű vulkáni üveg-szilánkokban. A felszakított közet-darabok között neogén sziliciklasztos üledékek törmelékei fordulnak elő.

- Gulács: kevés, rosszul feltárt piroklasztit, ezek vulkáni üveg-szilánkokat, iszapkő és aleurolit-töredékeket tartalmazó lapillitufák.

- Szigliget: 1. piroklasztitos egység: durvaszemcsés, mátrix-vázú, masszív, vagy gyengén rétegzett, közettörmelékben gazdag, blokk-tartalmú lapillitufák és tufabrecsák, amelyek gazdagok lherzolit- és amfibolit-klasztokban.

3. piroklasztitos egység: finomtól durvaszemcsésig változó szemcseméretű, rétegzett, felszakított közettörmelékben gazdag, üveges lapillitufa és tufapadok. Mélységi közet-zárványok ritkák. A közet főként felszakított közettörmelékekből áll, ezek a sekély prevulkáni sorozatból (neogén sziliciklasztos közetekből) eredeztethetők. Az osztályozatlan mátrix diszperz eloszlásban kvarc-szemcséket tartalmaz. Akkréciós lapillik nincsenek, de kvarc-szemcsékből álló csomók gyakoriak. Előfordulnak nagyméretű, megsült szegélyű neogén üledék-darabok is. Az egység legfelső részén juvenilis elegyrészekben gazdag piroklasztitok

találhatók. A szemcsevázú, gyakran kalcittal cementált, inverz-gradált lapillikövek lencsüket formálnak. Másutt lencséikben normál gradáció is megfigyelhető. Ez utóbbiakban koptatott lapillikő-darabok találhatók, amelyekből gyakran hiányzik a hamu-szemcseméretű mátrix, és karakteresen inverz-gradáltak.

Mindhárom egységben a vulkáni üveg-szilánkok szögletesek, a nem hólyagüreges változatoktól az erősen hólyagüregesekig változatos mértékben hólyagüregesek, összetételük tefrites, fonotefrites.

- Szentgyörgy-hegy: sárga, világosszürke, finomszemcsés lapillitufa, amely általában csak törmelékben van meg. Hasonló a Badacsonyhoz, Hármas-hegyhez. Mátrixvázú, a mátrix gazdag a neogén sziliciklasztos kőzetek törmelékében (iszap, aleurit és az üledékes kőzetekből származó ásványok). A lapillitufa rétegzett, osztályozatlan, gazdag blokkos, vagy gyengén folyásos szövetű, mérsékelten mikrohólyagüreges, általában mikrolitszegény, tefrites, fonotefrites összetételű vulkáni üveg-szilánkokban.

- Uzsza: 2. egység: vörös, gyengén rétegzett, salakos lapillitufa és tufabreccsa, nagyszámú, fluidális szövetű, változatos mértékben hólyagüreges láva-törmelékkel. Ez az egység nagy léptékben gradációt mutat.

- Bazsi és Tátika között: kis vulkanoklasztos egységek, amelyekben a vulkanogén klasztok szögletes, nem, vagy csak mérsékelten hólyagüreges, fekete, bazanitos összetételű, teljesen kristályos vagy tachilites szövetű törmelékek, gyakran akár cm széles palagonitos szegéllyel, finomszemcsés, homogenizált aleuritos, homokos mátrixban.

- Kis-Somlyó: a piroklasztos kőzetek sok juvenilis hamut és lapillit tartalmaznak, amelyek vulkáni tömegmozgással kerültek tóba vagy mocsárba, a hullott anyag mennyisége alárendelt. A piroklasztitokban gyengén osztályozott, durvaszemcsés lapillitufa-rétegek váltakoznak finomszemcsés tufa-rétegekkel.

1. egység: finomszemcsés, közettörmelékben és közettörmelékből eredeztethető ásvány-törmelékben gazdag, vastag-pados, gyakran keresztarétegzett lapillitufa és tufa.

2. egység: durvább szemcsés, kerekített juvenilis lapilliket tartalmazó, kalcittal cementált, vékonypados, masszív vagy gyengén rétegzett lapillitufa.

A két egység közötti átmeneti típusok is előfordulnak.

A 2. egység durvaszemcsés, inverz vagy normál gradált lapillitufa-padokból áll. A gradáció gyakran nem látható tisztán, mert a réteghatárok többsége diffúz. A legtöbb pad két részből áll: egy alsó, szürkés, lapilligazdag és egy felső, sárgás világosbarna, finomszemcsés, 5 cm-nél vékonyabb rétegből.

A finomszemcsés, gyakran keresztrétegzett rétegek muszkovitban gazdagok, diffúz, elmosódott határral érintkeznek durvaszemcsés rétegpárjukkal. A durvaszemcsés rétegek juvenilis közetüveg-szilánkokban gazdag lapillitufák, kevés mátrix-szal, de gyakran erősen cementáltak mikrites vagy pátitos kalcittal. A lapillik közepesen, vagy jól kerekítettek, koptatottak, a közetüveg-szilánkok hólyagüregessége és mikrolit-tartalma extrém változatos. Sok felkapott, neogén sziliciklasztos közet-törmelék tartalmaznak.

A 2. egység szerkezete alapján helyben, kitörés közben átdolgozott, vízbe hullott tefra.

- Gérce-Sítke tufagyűrű: jól rétegzett, osztályozatlan, általában inverz-gradált, 15-25 cm vastagságú lapillitufa padok és mm-cm vastagságú tufa-rétegek. A durvaszemcsés lapillitufa padok általában kalcittal cementáltak és gazdagok koptatott xeno- és fenokristályokban (olivinben, klinopiroxénben). A juvenilis elegyrészek gyengén nyúlt, mérsékelt hólyagüreges szideromelán közetüveg-szilánkok. A mátrixban gyakoriak a felszakított iszap-törmelékek, illetve finomszemcsés üledékekből származó ásványok.

Előfordulnak mátrixban szegény, vulkáni üvegszilánkokban gazdag, kalcit-cementált változatok is. A Gérce és Sítke közötti dombokon mátrixban gazdagabb lapillitufák találhatók.

Röszösszefoglalás – bazaltos lapillitufa

A bazaltos lapillitufából készült örlőkövek (örlőkő-töredékek) és egyéb, jellegtelen töredékek nyersanyaga – a juvenilis (vulkáni) elegyrészek minősége és megjelenése, a bennük előforduló piroxén-kristályok összetétele, a közetüveg összetétele, a kitörés során felszakított idősebb közet-törmelék minősége és az utólagos karbonátos cementáció alapján – nagy valószínűséggel a Balatonfelvidék fiatal bazaltos piroklasztitjaiból származik, nevezetesen a következő lelőhelyek valamelyikéről: Tihanyi-félsziget, Hajagos/Diszel, Csobánc, Kerek-hegy, Szigliget, Szentgyörgy-hegy, Uzsa, a Bazsi és Tátika között felszínre bukkanó piroklasztitok, Kis-Somlyó. Ezen lelőhelyek közül a Hajagos/Diszel és Uzsa a bazalt-anyagú régészeti leletek (csiszolt kőeszközök) lehetséges forrásterületeként is felmerült.

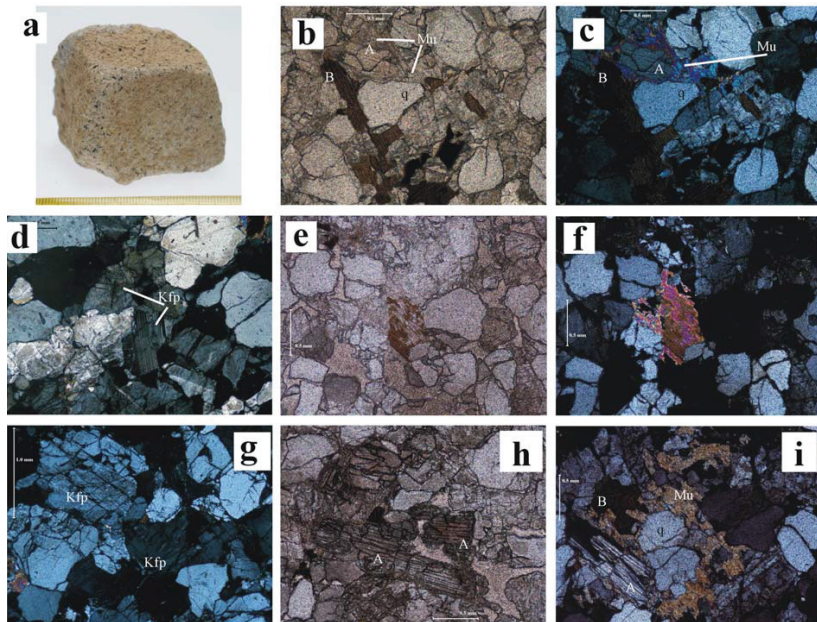
XIII. FEHÉR GRÁNIT

A leletek között mindössze egy darab fehér gránit anyagú örlőkő-töredék található (BOT X9, B-2098, Boleráz).

XIII.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei

- BOT X9: Fehér színű, sárgásra málló, közép-durvaszemcsés kétszillámú gránit, a lelet felületén világosszürke bevonattal. Szabad szemmel látható elegyrészek: szögletes,

helyenként egymásba nyomódott kvarc-szemcsék, földpátok, sok fekete biotit-lemez és szintelen muszkovit-pikkelyek (58.a ábra).



58. ábra

BOT X9-es köbalt (kécsillámú, andaluzitos fehér gránit) a) Makroszkópos fotó. b-c) Petrográfiai-mikroszópós fotó (b: 1N, c: +N): szöveti kép: kvarc (q), káliföldpát, biotit (B), szabálytalan alakú (legkésőbbi kiválási termékként maradék helyeket kitöltő) muszkovit (Mu), andaluzit-szemcse (A) körül. d) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): szöveti kép: káliföldpát (Kfp), kvarc. e-f) Petrográfiai-mikroszópós fotó (e: 1N, f: +N): biotit és muszkovit orientált összenövése. g) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): szöveti kép: káliföldpát (Kfp), kvarc. h) Petrográfiai-mikroszópós fotó (1N): halvány rózsaszín-barackvirágszín pleokroizmusú, hipidiomorf andaluzit-kristályok (A). i) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): szöveti kép: andaluzit (A) szabálytalan alakú (legkésőbbi kiválási termékként maradék helyeket kitöltő) muszkovitban (Mu), biotit (B), kvarc (q), földpátok.

Mikroszkópos jellemzők:

A kőzet hipidiomorf szemcsés szövettű, az egyes ásványszemcsék mérete 0,5-3 mm között van. A szintelen elegyrészek túlsúlya jellemző. Legnagyobb mennyiségben kvarc és ortoklász van jelen, mellettük plagioklászok, biotit, muszkovit és andaluzit van jelen lényeges elegyrészként (58.b-d ábra).

A kvarc-szemcsék általában kerekded, néhol szögletes alakúak, méretük 0,5-2 mm közötti, egyes szemcsék szegélyén visszaoldódás is megfigyelhető, egymásba nyomódott szemcsék is előfordulnak (58. b-d ábra).

A káliföldpátokat főként nagyméretű (1-3 mm-es), néhol kettős ikreket alkotó, a szemcsék magjában általában szericitesedett, helyenként pertites, másutt zárványoktól zavaros megjelenésű ortoklász képviseli, alárendelt mennyiségben kisebb szemcseméretű (0,5 mm-es) keresztrácsos mikroclin is megjelenik **(58.d, g ábra)**.

0,5-3 mm-es, oszlopos-táblás megjelenésű plagioklászok is megtalálhatók a kőzetben, a poliszintetikussá ikresedés mellett kettős ikrek is előfordulnak.

A biotit 0,5-3 mm-es szemcseméretű, főként üde táblák formájában van jelen, kezdődő kloritosodása is megfigyelhető **(58.b-c ábra)**.

A muszkovit 0,5-2 mm közötti szabálytalan alakú pikkelyeket alkot (amelyekben gyakran andaluzit-szemcsék jelennek meg), vagy legkésőbbi kiválási termékként szemcsék közötti teret tölt ki **(58.b-c, h-i ábra)**.

Előfordulnak biotit-muszkovit orientált összenövések is **(58.e-f ábra)**.

Az andaluzit 0,5-2 mm közötti méretű, nyúlt, hipidiomorf, gyakran töredezett szemcséi mindig muszkovit szegéllyel vagy nagyobb méretű, szabálytalan alakú (legkésőbbi kiválási termékként maradék helyeket kitöltő) muszkovitban jelennek meg. Hasadásuk jól látható. Egyes szemcséken egy nikollal látható jellegzetes rózsaszín-barackvirágszín pleokroizmus **(58.b-c, h-i ábra)**.

XIII.2. Lehetséges forrásterületek

Andaluzitos, kétszillámú fehér gránitok a Kárpát-medencében és tágabb környezetében több helyen is előfordulnak a felszínen. A Nyugat-mecseki miocén konglomerátumban és a Dunavarsány környéki pleisztocén konglomerátumban is kavicsok és nagyméretű gőrgötegek formájában jelenik meg ez a kőzettípus. (Józsa et al 2009, Varga 2010)

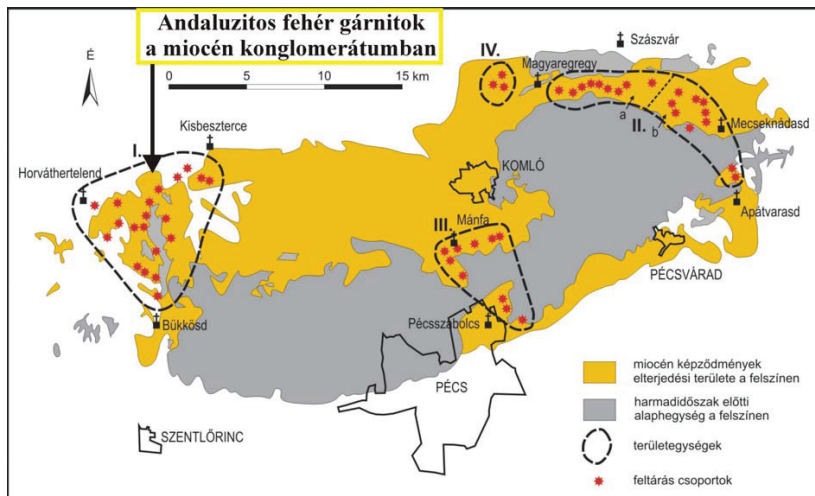
A Nyugati-Mecsekben fehér gránit kavicsok elsősorban Bükkösd környékén és a Sormás patak völgyében megjelenő kavics-összletekben fordulnak elő (Józsa et al. 2009, Varga 2010). Makroszkópos és mikroszkópos megjelenésük (szín, szemcseméret, ásványos összetétel és szövet) is gyakorlatilag megegyezik a vizsgált régészeti lelet anyagával (Varga 2010). Különösen jellegzetes az andaluzit megjelenése és kapcsolata a muszkovittal, azaz, hogy az andaluzit muszkovit szegéllyel, vagy a szabálytalan alakú (legkésőbbi kiválási termékként maradék helyeket kitöltő) muszkovitban jelenik meg.

A dunavarsányi kavicsösszletben a régészeti lelet anyagához minden tekintetben (szín, szemcseméret, ásványos összetétel és szövet tekintetében is) nagyon hasonló andaluzitos fehér gránitok mellett kissé irányított szövetű és metamorfizálódott típusok is megjelennek (Varga 2010).

A Kárpát-medence tágabb környezetében több helyen előfordulnak szálban álló andaluzitos gránitok, pl. a Moldanubikum területén (a Cseh-masszívum déli részén). Makroszkópos megjelenésükben, mikroszkópos tulajdonságaikban nagyon hasonlítanak a magyarországi lelőhelyek kavicsaira, görgetegeire (D'Amico et al. 1981).

Részösszefoglalás – fehér gránit

Mivel a különböző területek andaluzitos gránitjai egymáshoz is nagyon hasonlóak, a legvalószínűbb forrásterület kijelölésekor figyelembe kell vennünk a régészeti lelőhelytől való távolságot és más, a régészeti lelőhelyről előkerült, már azonosított forrásterületű közettípusok meglétét is. Balatonőszöd–Temetői dűlő lelőhelyhez legközelebb a Nyugati-Mecsek miocén konglomerátum összeletei vannak és a lelőhelyről azonosítottunk a Mecsekből származó kőzeteket (vörös homokkővet a Jakabhegyi Formációból és alkáli bázisos telérkőzeteket). Mindezek alapján az andaluzitos, kétszillámú, fehér gránit őrlőkö-töredék nyersanyagának legvalószínűbb forrásterülete is a Nyugat-Mecsek (59. ábra). Nem zárható ki azonban a Cseh-masszívum területe sem (a Moldanubikum), mivel a Cseh-masszívum északi részéről származó nyersanyagból (nefritből, szerpentinből, kontakt metabázitokból) készült eszközök szintén előkerültek Balatonőszöd–Temetői dűlő lelőhelyen (41. ábra).



59. ábra

Geológiai térkép (Józsa et al. 2009), módosítva: andaluzitos fehér gránit kavicsok elfordulási helye a miocén konglomerátumban.

XIV. KARBONÁTOS KÖZETEK (MÉSZKÖVEK ÉS DOLOMITOK)

XIV.I. Édesvízi mészkő (25 db)

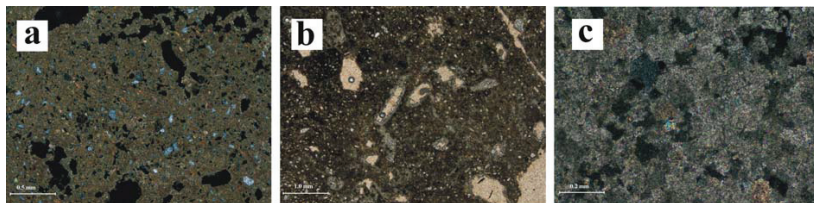
XIV.I.1. A petrográfiai vizsgálatok eredményei

Az édesvízi mészkő anyagu leletek jellegtelen töredékek, rendeltetésük ismeretlen. Színük alapján két csoportra oszthatók: az elsőbe fehér, világosszürke (esetenként a felületükön vöröses vagy zöldes elszíneződést mutató, illetve szürke vagy világosbarna bevonattal rendelkező), finomszemcsés vagy tömött szövetű mészkövek tartoznak (10 db), a második csoportba sötétszürke (szinte fekete), sötétbarna, illetve sötétszürke-barna sávós, szintén finomszemcsés, vagy tömött szövetű mészkövek tartoznak (15 db).

Mikroszkópos jellemzők:

- 1. csoport: mikrites, limonitos mátrixban nagy mennyiségű törmeléken kvarc (osztályozott, nagyrészt 0,05-0,1 mm-es szemcsék) és néhány nagyobb, pátitos szemcse található (**60.a-b ábra**). Ez utóbbiak valószínűleg ősmaradvány-eredetűek lehetnek. A pátitos képletek nagy része ovális, nyúlt, a nagyméretűek közepe kipattogzott, csak a szegélyüket alkotó pátitszemcsék maradtak meg (néhány kivétellel, ahol a teljes képlet megmaradt) (**60.b ábra**). A kőzet vágott felülete makroszkóposan is likacsos, kipattogzott. A nagymennyiségű törmelékben a kvarc mellett agyagásványosodott biotit található. Az egyes szemcséken gyakran limonitos kérgek alakultak ki, ez utalhat arra, hogy az eszköz megégett (pl. kemence alján, vagy háztűzben). A limonitosodás nem egyenletes, a csiszolat egyik felében erőteljesebb.

Mikroszkópos jellegei alapján fiatal üledék, nem tengeri, inkább édesvízi sekély tóban vagy mocsárban képződhetett, ahol nagy volt a folyók, patakok általi törmelékbehordás.



60. ábra

Édesvízi (mocsári) mészkő és dolomit: a) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): finomszemcsés törmelék (elsősorban kvarc és csillámok) mikrites mátrixban. (BOT 16) b) Petrográfiai-mikroszópós fotó (1N): pátitos szemcsék mikrites mátrixban. (BOT 11) c) Petrográfiai-mikroszópós fotó (+N): pátitos átkristályosodott, „cukorszövetű” dolomit. (BOT 12)

- 2. csoport: nagyon hasonló az 1. csoporthoz: mikrites mátrixban biogén, pátitos törmelék-szemcsék: nagyméretű, megnyúlt képletek és apró, gömbös, koncentrikus felépítésű

szemcsék, amelyek valószínűleg ősmaradvány-eredetűek. Pátitos erek is megjelennek a kőzetben. A törmelékes elegyrészek aránya még magasabb, mint az 1. csoportban. A törmelékot főként osztályozott, szögletes kvarcsemmek alkotják (szemcseméretük kicsit durvább, mint az első csoportban: 0,05-0,2 mm), de előfordul csillám (mállott és üde biotit) is. A törmelékanyagban egyéb ásvány-törödek is megtalálhatóak (piroxén, epidot vagy klintozit).

Valószínűleg sekély tavi, mocsári üledék cementálódásával képződött, fiatal kőzet, amelynek sötét színét magasabb szervesanyag-tartalma adja.

XIV.I.2. Lehetséges forrásterületek

Fiatal (pleisztocén, holocén) édesvízi mészkövek a Kárpát-medencében sokfelé előfordulnak, például a Gerecsében, a Budai-hegységben, a Mecsekben illetve Nagyvázsony környékén. Kicsit idősebb, felső pannon korú tavi, mocsári mészkövek pl. a Gödöllői dombság területén Ecser és Maglód környékétől egészen Mogyoród és Aszód környékéig előfordulnak, szálban azonban sehol sem bukkannak a felszínre, a felszín alatt néhány dm-es, fél-egy méteres mélységben azonban már megtalálhatóak. Az Ecser, Maglód, Üllő környéki szarmata (i.sz. III-IV. századi) telepeken biztosan használták, a nyersanyagot gödrökben bányászták (Pávai Vajna 1941; Szentés 1952; Kázmér 2005; Péterdi publikálatlan adatok).

A fiatal üledékek, üledékes kőzetek jelentős részéről még nem állnak rendelkezésre a gerecsei édesvízi mészkövekhez, vagy idősebb, tengeri mészkövekhez hasonló részletességű geológiai leírások. E miatt, és a lehetséges forrásterületek nagy száma miatt pontosabb nyersanyagforrás meghatározása egyelőre nem lehetséges.

XIV.II. Kagylóhéj-törödekés mészkő (1 db)

A leletanyagban egyetlen olyan mészkőből készült, megmunkálatlan, jellegtelen török található, amelyben kagylóhéj-török (Pecten?) figyelhető meg. A kőzet szürkés színű, mállott (B-1314, S-30 emberi áldozattal, késő népvándorláskor).

Kagylóhéj-törökés (Pecten?), fiatal (de az édesvízi mészköveknél idősebb) mészkövek számos területen előfordulnak a Kárpát-medencében. A lehetséges forrásterületek nagy száma, a kőzet mállottsága és a lelet jellegtelen volta miatt a nyersanyagforrás meghatározása nem lehetséges.

XIV.III. Dolomit (2 db)

A két dolomit-anyagú lelet egyike csiszoló (vagy őrlő) töredéke a másik töredék jellegtelen, rendeltetése ismeretlen.

Makroszkóposan fehér, illetve halvány sárgásra, csontszínűre málló felületű, cukorszövetű dolomit.

Mikroszkópos jellemzők:

Pátitos, átkristályosodott karbonát, jól fejlett romboédere kristályokkal. A kristályok mérete közel azonos, 0,1-0,2 mm-es. Néhány törmeléken elegyrész (kvarc) is található a közetben (**60.c ábra**).

Lehetséges forrásterületek

A régészeti lelőhely szűkebb és tágabb környezetében változatos korú dolomitok vannak felszínen. A legközelebbi, illetve legkönnyebben elérhető, triász korú dolomit a Dunántúli-középhegységben sok helyen, nagy mennyiségben van a felszínen, sőt, még a perm Balatonfelvidéki Homokkőnek is vannak tisztán dolomitos kötőanyagú, fehér színű padjai (Csernussi 1984; Fülöp 1990). Lehetséges forrásterület lehet még pl. a Mecsek is.

Pontosabb nyersanyagforrás meghatározására a nagyszámú, hasonló közetanyagú lelőhely miatt nem vállalkoztam.

XV. Kavicsok (25 db)

A leletanyagban más őskori lelőhelyekhez képest feltűnően kevés a kavicsok száma (mindössze 25 db, 5%). A kavicsok nagy része (18 db) jól koptatott, jól kerekített kvarc (kvarcit) kavics, illetve görgeteg. A fennmaradó kavicsok között homokkő-kavicsok (2 db, az egyik anyaga nagyon hasonlít az I/1 alcsoport vörös homokköveire, a másik sárgás színű, barna mállási kéreggel), egy fillit-kavics és négy mészkő-kavics található. A kavicsok színe változatos: fehér, fekete és a szürke különböző árnyalatai, vörös, narancssárga, narancsbarna, barna (sötétbarna, vörösbarna), lilásszürke stb. A mészkőkavicsok színe fehér, különböző színűre (narancsbarna, vörös, sárga, zöldes, barnás) mállott foltokkal.

A kavicsok nagy része (10 db) törött, vagy félbevágott, ez arra utal, hogy használati tárgyak, eszközök voltak. A törött daraboknál a töredékeket nem számoltam külön.

A kvarcit kavicsok nyersanyaglelőhelye azok egyforma megjelenése és jelentős elterjedése miatt nem határozható meg. Általában a kavicsok a régészeti lelőhely közeléből, patak- vagy folyómederből származhatnak, illetve a korábban ismertetett nyersanyagok forrásterületeiről (vörös homokkő kavics), elsősorban a közeli lelőhelyekről.

XVI. Mesterséges anyag (durva kerámia? 10? db)

A leletanyagban előfordulnak nagyon mállott, esetleg megégett töredékek, amelyek anyaga szabad szemmel csak nagyon nehezen vizsgálható, általában homokkövekkel könnyen összetéveszthető. Vékonycsiszolatban azonban egyértelműen látható kerámia voltak. Hét leletről lehet nagy valószínűséggel kijelenteni, hogy mesterséges anyagúak, két darabnál nem eldönthető, hogy finomszemcsés homokkövek, vagy mesterséges anyagúak, ehhez hasonlóan van egy bizonytalan mészkö/mesterséges anyag besorolású lelet is. Mivel ezek mesterségesen előállított anyagok, ezért ezek vizsgálatával értekezésem keretében nem foglalkoztam.

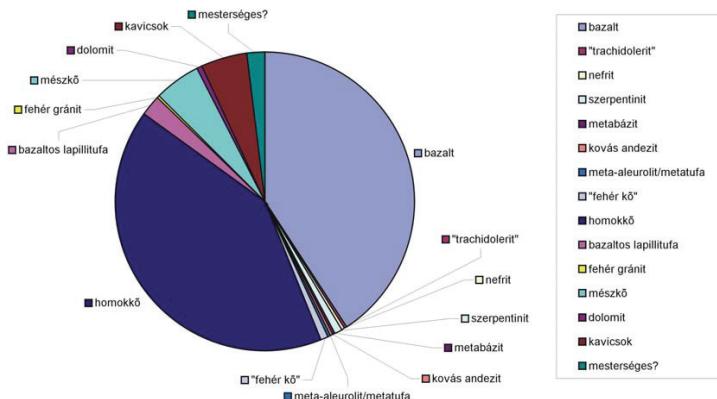
XVII. Összefoglalás

A Balatonőszöd–Temetői dűlő lelőhelyről előkerült 500 db kőzetanyagú (köztük 10 db, valószínűleg mesterségesen előállított anyagú durva kerámia) lelet mintegy harmada (167 db, 33%) csiszolt kőeszköz: átfúratlan, trapéz alakú kőbalták, átfúrt, éles vésőélű gyalubalták és nehéz testű döntőfejszék, kisebb vésőbalták, kaptafa alakú balták stb. Túlnyomó többségük félkész vagy töredékes. A kőbalták mellett a nyéllyukas baltákból származó fűrőmagok is megtalálhatók a leletanyagban. A leletek fennmaradó kétharmadát szerszámkövek (alsó és felső őrlőkövek, csiszolókövek, fenőkövek stb.), egyéb megmunkált és megmunkálatlan töredékek, nyersanyagtömbök teszik ki. A leletek zöme a késő rézkori Boleráz és Baden kultúrába tartozik, néhány darab bizonytalan besorolású, elenyésző darabok pedig más korszakokat és kultúrákat jelölnek.

A csiszolt kőeszközök nyersanyaga túlnyomórészt bazalt (151 db, 90%); a szerszámkövek (és egyéb leletek) többsége homokkő (205 db, 62%) anyagú.

Az összes leletre vetítve a nyersanyagok részaránya a **16. táblázatban** olvasható (**61. ábra**).

Nyersanyagok megoszlása



61. ábra

A régészeti leletek megoszlása nyersanyaguk alapján (közettípusok szerint).

A nyersanyagok valószínű forrásterületei a következők (62. ábra):

- A bazalt nyersanyag legvalószínűbb lelőhelyei: az első bazalt-változat (82 db) legvalószínűbb nyersanyagforrása a Hegyestű bazaltja, míg a második bazalt-változat (122 db) nyersanyaga a vizsgált geológiai lelőhelyek közül legjobban Haláp és Uzsa közeiire hasonlít, de azokkal egyértelműen nem azonosítható (nem zárható ki Diszel (Hajagoshegy) sem) (23. ábra).

- A „trachidoleritek” (alkáli bázisos telérek) legvalószínűbb nyersanyagforrása a Mecsekben található. Bár teljes-kőzet kémiai összetételüket tekintve a kőbalták inkább a „limburgitoid trachidoleritekhez” (ankaramitokhoz, alkáli bazaltokhoz) állnak közel, figyelembe véve előrehaladott átalakulásukat mégis inkább a szöveti megjelenésük, egykori ásványos összetételük alapján hasonló „típusos trachidoleritek” (Na-bazanitik, fonotefritok) között (illetve az átmeneti tagok között) kell keresnünk nyersanyagukat.

A legvalószínűbb nyersanyagforrások tehát a mánfai Mélyvölgy közei, illetve a Komló környéki telérek (32. ábra).

- A nefrit vésőbalták nyersanyaga nagy valószínűséggel a Cseh-masszívum északi részéről, Alsó-Sziléziából, a lengyelországi Jordanów közelében fekvő geológiai lelőhelyről származik (41. ábra).

- A szerpentinit anyagú kőbalták nyersanyaga nagy valószínűséggel a Cseh-masszívum északi részéről, Alsó-Sziléziából, a lengyelországi Gogolów-Jordanów-masszívumból származik (egy balta esetében a közeli Szklary-masszívum sem zárható ki, **41. ábra**).
- A kontakt metabázit anyagú kőbalták nyersanyaga igen nagy valószínűséggel a Cseh-masszívum északi részéről a Krkonoše-Jizera (Železný Brod) kristályos egységből származik (**41. ábra**).
- A kovás andezit nyersanyag forrásterületét egyelőre nem sikerült beazonosítani.
- A meta-aleurolit/metatufit nyersanyag forrásterületét szintén nem sikerült beazonosítani, egyedi megjelenése és nyersanyaga alapján felmerül a távolabbi import lehetősége is. Mivel feltehetően nem őskori leletről van szó, azonosításához további vizsgálatok lennének szükségesek.
- A mikrokristályos mészkő („fehér kő”) nyersanyaga érkeztetett közeli forrásból (Dunántúli-középhegység, Mecsek), de nem zárható ki a déli irányból érkező import sem.
- A homokkővek túlnyomó többségét kitevő (I. csoport: 183 db, 89%) vörös (és kifakult, fehér) homokkő anyagú leletek nyersanyaga a Balatonfelvidéki Homokkő Formáció Vörös homokkő és aleurolit tagozatába sorolt homokkővek közül került ki, a szinte földpátmentes, kvarc és kőzettörmelék túlsúlyával jellemezhető érettebb homokkő típusból. Ez a típus a Déli-Balaton-felvidék peremi területein és az Északi-Balaton-felvidéken a formáció alsó részére jellemző (**50. ábra**).
- A homokkővek kis részének (II. csoport: 5 db, 2,5%) nyersanyaga a Nyugati-Mecsekből, a Jakabhegyi Homokkő Formáció felsőbb szintjeiben megjelenő homokkővek közül eredeztethető (**51. ábra**).
- A III. csoportba sorolt szürke, csillámos, pátitos kötőanyagú, fiatal homokkővek (5 db, 2,5%) pontos nyersanyagforrását még nem sikerült beazonosítani, de valószínű, hogy a régészeti lelőhelyhez közeli forrásból származnak.
- A „bizonytalan besorolású” 12 homokkő lelet (6%) nyersanyagának forrását nem sikerült beazonosítani.
- A bazaltos lapillitifából készült őrlőkővek (őrlőkő-töredékek) és egyéb, jellegtelen töredékek nyersanyaga nagy valószínűséggel a Balatonfelvidék fiatal bazaltos piroklasztitjaiból származik, nevezetesen a következő lelőhelyek valamelyikéről: Tihanyi-félsziget, Hajagos (Diszel), Csobánc, Kereki-hegy, Szigliget, Szentgyörgy-hegy, Uzsa, a Bazi és Tátika között felszínre bukkanó piroklasztitok, Kis-Somlyó. Ezen lelőhelyek közül a Hajagos (Diszel) és Uzsa a bazalt-anyagú régészeti leletek (csiszolt kőeszközök) lehetséges forrásterületeként is felmerült.

- A fehér, kétsillámú, andaluzitos gránit örlőkő-töredék nyersanyagának legvalószínűbb forrásterülete a Nyugat-Mecsek (elsősorban Bükkösd környékén és a Sormás patak völgyében megjelenő kavics-összletek). Kőzettani alapon nem zárható ki a Cseh-masszívum és a Dunavarsány-környéki kavics-összlet sem. (59. ábra, 41. ábra)
- A karbonátos kőzetek (fiatal édesvízi (mocsári) mészkő, kagylóhéj-töredékes mészkő, cukorszövetű dolomit) nyersanyagának pontosabb forrását még nem sikerült beazonosítani.
- A feltűnően kisszámú kavics (görgeteg) a régészeti lelőhely közeléből, patak- vagy folyómederből származhat, illetve a korábban ismertetett nyersanyagok forrásterületeiről (vörös homokkő kavics), elsősorban a közeli lelőhelyekről.
- 10 lelet nagy valószínűséggel mesterséges anyagból (durba kerámiából) készült, de ezek az előrehaladott mállás, és a hasonló felhasználási kör miatt makroszkóposan nehezen különböztethetők meg a homokkövektől (illetve mállott mészkövektől).



62. ábra

A régészeti leletek nyersanyagának forrásterületei. A nyílak színe a kőzettípust jelöli. Szaggatott nyíl: kevésbé valószínű forrásterület.

A fenti nyersanyagok és nyersanyagforrások a régészeti lelőhelytől való távolságuk alapján is csoportosíthatók. Helyi (lokális) nyersanyaglelőhelyről származhatnak a kavicsok, és a III. csoportba sorolt (szürke, csillámos, karbonátos kötőanyagú) homokkövek.

Helyi (lokális) vagy közeli (regionális) nyersanyaglelőhelyről származhatnak az édesvízi és egyéb mészkövek.

Amennyiben feltételezzük, hogy a Balatonon keresztül, vízi úton is történhetett anyagszállítás, úgy a bazaltok, az I. csoportba sorolt homokkövek, a bazaltos lapillitufák, a dolomitok és valószínűleg a mikrokristályos mészkövek is. Talán az édesvízi és egyéb mészkövek is helyi (lokális) nyersanyaglelőhelyről származnak. Amennyiben vízi úton történő szállítással nem számolunk, úgy ezek a nyersanyagforrások már egyértelműen közeli (regionális, mintegy 30 km-nél, azaz egy napi járóföldnél messzebb fekvő) nyersanyaglelőhelynek minősülnek.

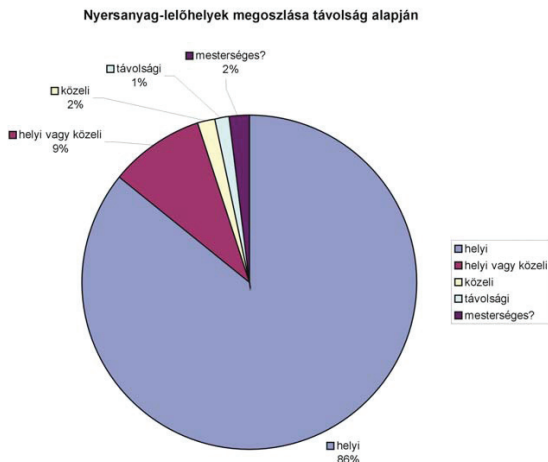
Ugyancsak közeli (regionális) nyersanyaglelőhelyről származnak a Mecsekből eredeztetett kőzetek: a „trachidoleritek”, a II. csoportba sorolt homokkövek és a fehér (kétsillámú, andaluzitos) gránit.

Távolsági (200 km-nél távolabb fekvő) nyersanyaglelőhelyről származnak a Cseh-masszívumból eredeztetett kőzetek: a nefrit, a serpentinit és a kontakt metabázitok.

Kicsi a valószínűsége, de nem zárható ki, hogy a mikrokristályos mészkő („fehér kő”) nyersanyaga ugyancsak távolsági nyersanyaglelőhelyről származik, de ebben az esetben a forrásterület a régészeti lelőhelytől délre keresendő.

Az ismeretlen forrásterületű kovás andezit és metaaleurolit/metatufit nyersanyaglelőhelyéről egyelőre közelebbi nem mondható, nem zárható ki a távolsági nyersanyagforrás sem.

A Balatonon keresztül, vízi úton történő anyagszállítással számolva, a bizonytalan besorolású homokköveket és a mikrokristályos mészköveket helyi nyersanyagként feltételezve (az ismeretlen forrásterületű kovás andezit és metaaleurolit/metatufit nyersanyagot a vizsgálatból kizárva) Balatonószöd–Temetői dűlő lelőhely kőeszköz-nyersanyag ellátása a **63. ábrán** látható megoszlásban történt, azaz az egykori településen döntő többségében helyi nyersanyagokat használtak, csak néhány eszköz nyersanyaga származik közeli (regionális) vagy távolsági nyersanyagforrásból.



63. ábra

A régészeti leletek megoszlása nyersanyagok alapján (a nyersanyaglelőhelyek régészeti lelőhelytől való távolsága szerint).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Szakmány Györgynek és konzulensemnek T. Biró Katalinnak minden segítségükért, a biztatásért, nógatásért, az értekezés elkészítéséhez nyújtott technikai segítségükért; Horváth Tündének a vizsgálati anyag hozzáférhetővé tételéért és a régészeti kérdések tisztázásában nyújtott segítségéért, Judik Katalinnak, Szilágyi Veronikának, Dobosi Gábornak, Kasztovszky Zsoltnak, Bendő Zsoltnak és Kovács Józsefnek a műszeres és statisztikai vizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségükért; Harangi Szabolcsnak publikálatlan mérési adatai rendelkezésemre bocsátásáért; Józsa Sándornak az értékes konzultációs lehetőségeikért; feleségemnek, Veres Ágnesnek és kollégámnak Papp Péternek a több, mint 100 éves német nyelvű szakirodalom megértéséhez nyújtott segítségükért; Kreiter Attilának az értekezés nyomtatásához nyújtott segítségéért; családomnak: feleségemnek Áginnak és fiainknak Benedeknek és Regőnek amiért elviselték, hogy az értekezés megírásának utolsó heteiben "apa folyton a számítógép előtt ül". Végül, de nem utolsó sorban minden, az irodalomjegyzékben szereplő kutatónak - az ő munkájuk nélkül ez az értekezés sem készülhetett volna el.

IRODALOM

- Ali, S. & Ntaflou, T. 2011. Alkali basalts from Burgenland, Austria: Petrological constraints on the origin of the westernmost magmatism in the Carpathian-Pannonian Region. *Lithos* 121, 176-188.
- Antonović, D. 1997. Use of Light White Stone in the Central Balkans Neolithic. *Starinar* 48, 33-39.
- Antonović, D. 2006. On Importance of study of the Neolithic ground stone industry in the territory of Southeast Europe. *Analele Banatului, S.N. Arheologie – Istorie* XIV/1, 53–61.
- Antonović, D., Resimić-Šarić, K. & Cvetković, V. 2006. Stone raw materials in the Vinča culture: petrographic analysis of assemblage from Vinča and Belovode. *Starinar* 55, 53–66.
- Árkay, P., Balogh, K., Demény, A., Fórizs, I., Nagy, G. & Máthé, Z. 2000. Composition, diagenetic and post-diagenetic alterations of a possible radioactive waste repository site: the Boda Albitic Claystone Formation, southern Hungary. *Acta Geologica Hungarica* 43(4), 351-378.
- Barabás, A. & Barabás-Stuhl, Á. 1998. A Mecsek és környezete perm képződményeinek rétegtana. In: I. Bérczi & Á. Jámor (eds.), *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*, 187–215. Budapest: MOL Rt. – Magyar Állami Földtani Intézet.
- Barabás, A. & Barabás-Stuhl, Á. 2005. Geology of the Lower Triassic Jakabhegy Sandstone Formation, Hungary, SE Transdanubia. *Acta Geologica Hungarica* 48, 1–47.
- Bernardini, F., De Min, A., Eichert, D., Alberti, A., Demarchi, G., Velušček, A., Tuniz, C. & Montagnari Kokelj, E. 2011. Shaft-hole axes from Caput Adriae: mineralogical and chemical constraints about the provenance of serpentinitic artefacts. *Archaeometry* 53(2), 261–284.
- Bodor, S. & Szakmány, Gy. 2009. A felső-permi Cserdi Konglomerátum Formáció kavicsanyagának köttani és geokémiai vizsgálati eredményei (XV. Szerkesztetett fűrés, Ny-Mecsek). *Földtani Közöny* 139(4), 325-340.
- Bradák, B., Szakmány, Gy. & Józsa, S. 2005. Mágneses szuszceptibilitás mérések – új módszer alkalmazása csiszolt kőeszközök vizsgálatában. *Archeometriai Műhely* 2005(1), 13–22. (<http://www.ace.hu/am>)
- Bradák, B., Szakmány, Gy., Józsa, S. & Přichystal, A. 2009. Application of magnetic susceptibility on polished stone tools from Western Hungary and the Eastern part of the Czech Republic (Central Europe). *Journal of Archaeological Science* 36, 2437–2444.
- Budai, T. & Gyalog, L. (eds.) 2010. *Magyarország földtani atlasza országjáróknak*. Budapest: Magyar Állami Földtani Intézet. (www.mafi.hu)

- Császár, G. (ed.) 1997. *Magyarország litosztratigráfiai alapegységei*. Budapest: Magyar Rétegtani Bizottság.
- Csernussi, G. 1984. *Litofáciesvizsgálatok a „Balatonfelvidéki Vörös Homokkő Formáció”-ban*. Szakdolgozat, Budapest, ELTE TTK Közöttan-Geokémiai Tanszék, kézirat.
- D’Amico, C., Rottura, A., Bargossi, G. M. & Nannetti, M. C. 1981. Magmatic genesis of andalusite in peraluminous granites. Examples from Eisgarn type granites in Moldanubikum. *Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrologia* 38(1), 15–25.
- D’Amico, C., Starnini, E., Gasparotto, G. & Ghedini, M. 2003. Eclogites, jades and other HP-metaphiolites employed for prehistoric polished stone implements in Italy and Europe. *Periodico di Mineralogia (Special Issue 3)* 73, 17–42.
- Demény, A., Harangi, Sz., Fórizs, I. & Nagy, G. 1997. Primary and secondary features of analcimes formed in carbonate-zeolite ocelli of alkaline basalts (Mecsek Mts., Hungary): textures, chemical and oxygen isotope compositions. *Geochemical Journal* 31, 37–47.
- Dietrich, V. & De Quervain, F. 1968. Die Nephrit-Talklagerstätte Scortaseo (Puschlav, Kanton Graubünden). Übersicht der Weiteren Nephritfunde der Schweizer Alpen Insbesondere der Vorkommen im Oberhalbstein (Graubünden). *Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie* 46.
- Dobosi, G. 1985. A mecseki alkáli bazaltok piroxén fenokristályainak geokémiai vizsgálata. *Földtani Közlöny* 115, 79–90.
- Dobosi, G. 1987. Chemistry of clinopyroxenes from the Lower Cretaceous alkaline volcanic rocks of the Mecsek Mountains, South Hungary. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen* 156(3), 281–301.
- Dobosi, G. 1989. Clinopyroxene zoning patterns in the young alkali basalts of Hungary and their petrogenetic significance. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 101, 112–121.
- Dobosi, G., Schultz-Güttler, R., Kurat, G. & Kracher, A. 1991. Pyroxene Chemistry and Evolution of Alkali Basaltic Rocks from Burgenland and Styria, Austria. *Mineralogy and Petrology* 43, 275–292.
- Dobosi, G., Fodor, R.V. & Goldberg, S.A. 1995. Late-Cenozoic alkalic basalt magmatism in Northern Hungary and Slovakia: petrology, source compositions and relationship to tectonics. *Acta Vulcanologica* 7(2), 199–207.
- Downes, H., Seghedi, I., Szakacs, A., Dobosi, G., James, D.E., Vaselli, O., Rigby, I.J., Ingram, G.A., Rex, D. & Pecskey, Z. 1995. Petrology and geochemistry of late Tertiary/Quaternary mafic alkaline volcanism in Romania. *Lithos* 35, 65–81.

- Embey-Isztin, A., Dobosi, G., James, D., Downes, H., Poultidis, Ch. & Scharbert, H. G. 1993. A compilation of new major, trace and isotope geochemical analyses of the young alkali basalts from the Pannonian Basin. *Fragmenta Mineralogica et Palaeontologica* 16, 5–26.
- Embey-Isztin, A. & Dobosi, G. 2007. Composition of olivines in the young alkali basalts and their peridotite xenoliths from the Pannonian Basin. *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici* 99, 5–22.
- Fazekas, V. 1987. A mecseki perm és alsótriász korú törmelékes formációk ásványos összetétele. *Földtani Közlemény* 117, 11–30.
- Fazekas, V. 1989. Ásvány-kőzettani megfigyelések a Jakabhegyi Homokkő Formáció DK-Dunántúli előfordulásaiban. *Földtani Közlemény* 119, 359–371.
- Foltyn, E. M., Foltyn, E., Jochemczyk, L. & Skoczylas, J. 2000. Basalte und Nephrite im Neolithikum Mittel-Westpolens und der oberschlesischen Region. *Krystalinikum* 26, 67–81.
- Friedel, O. 2008. *Az Ebenhöch csiszolt kőszköz gyűjtemény archeometriai vizsgálatának eredményei*. Diplomadolgozat, Budapest, ELTE TTK Közettan-Geokémiai Tsz., kézirat.
- Friedel, O., Bradák, B., Szakmány, Gy., Szilágyi, V. & T. Biró, K. 2008. Összefoglaló az Ebenhöch csiszolt kőszköz gyűjtemény archeometriai vizsgálatának eredményeiről. *Archeometriai Műhely* 2008(3), 1–12. (<http://www.ace.hu/am>)
- Fülöp, J. 1990. *Magyarország geológiája. Paleozoikum I.* Budapest: Magyar Állami Földtani Intézet.
- Füri, J. 2003. *Magyarországi bazalt nyersanyagú csiszolt kőszközök archaeometriai vizsgálata*. Diplomadolgozat, Budapest, ELTE TTK Közettan-Geokémiai Tsz., kézirat.
- Füri, J., Szakmány, Gy., Kasztovszky, Zs. & T. Biró, K. 2004. The origin of the raw material of basalt polished stone tools in Hungary. *Slovak Geological Magazine* 10, 97–104.
- Giess, H. 2003. Jade in Switzerland – April 2003. *Friends of Jade*. (<http://www.friendsofjade.org>; letöltés ideje: 2011.09.15.)
- Giess, H. 2005. Mur Nockerln – Austrian Dumplings in Nephrite Jade! *Friends of Jade*. (<http://www.friendsofjade.org>; letöltés ideje: 2011.09.15.)
- Gunia, P. 1992. Petrology of ultrabasic rocks of the Braszowice- Brzeźnica massif (Fore-Sudetic Block). *Geologica Sudetica* 26, 120–178.
- Gunia, P. 1993. Remarks about serpentinite structures from Szklary massif (Fore-Sudetic Block). *Polish Mineralogical Society Special Papers* 4, 78–80.
- Gunia, P. 1997. Petrology of ultrabasic rocks from Sowie Mts gneissic block. *Acta Universitatis Wratislaviensis, Prace Geologiczne – Mineralogiczne* 65, 1–78.

- Gunia, P. 2000. Nephrite from South-Western Poland as potential raw material of the European Neolithic artefacts. *Krystalinikum* 26, 167–171.
- Gyalog, L. (ed.) 2005. Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez (az egységek rövid leírása) (1:100.000 Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet
- Harangi, Sz. 1988. Major element chemistry of Lower Cretaceous igneous rocks of the Mecsek Mountains (Southern Hungary), I. *Annales Historico-Naturalis Musei Nationalis Hungarici* 80, 11–24.
- Harangi, Sz. & Árváné Sós, E. 1993. A Mecsek hegység alsókréta vulkáni kőzetei I. Ásvány- és kőzettan. (Early Cretaceous volcanic rocks of the Mecsek Mountains (South Hungary) I. Mineralogy and petrology). *Földtani Közlemények* 123(2), 129–165.
- Harangi, Sz. 1994. Geochemistry and Petrogenesis of the Early Cretaceous continental rift-type volcanic rocks of the Mecsek Mountains, South Hungary. *Lithos* 33, 303–321.
- Harangi, Sz., Vaselli, O., Tonarini, S., Szabó, Cs., Harangi, R. & Coradossi, N. 1995. Petrogenesis of Neogene extension-related alkaline volcanic rocks of the Little Hungarian Plain Volcanic Field (Western Hungary). *Acta Vulcanologica* 7(2), 173–87.
- Harangi, Sz., Tonarini, S., Vaselli, O. & Manetti, P. 2003. Geochemistry and Petrogenesis of Early Cretaceous alkaline igneous rocks in Central Europe: implications for a long-lived EAR-type mantle component beneath Europe. *Acta Geologica Hungarica* 46(1), 77–94.
- Harangi, Sz. & Lenkey, L. 2007. Genesis of the Neogene to Quaternary volcanism in the Carpathian-Pannonian region: Role of subduction, extension, and mantle plume. *Geological Society of America Special Paper* 418, 67–92.
- Heierli, J. 1902. Die Nephritfrage mit spezieller Berücksichtigung der schweizerischen Funde. *Anzeiger für Schweizerische Altertumskunde* 1, 1–7.
- Hofmann, K. in Böckh, J. 1876. Pécs városa környékének földtani és vízi viszonyai. *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* IV(4), 233–237, 129–290.
- Horváth, T. 2001. Polished stone tools of the Mihálydy-collection, Laczkó Dezső Museum, Veszprém. (Archaeological investigation). In: J. Regenye (ed.), *Sites and stones. Lengyel Culture in Western Hungary and beyond. A review of the current research. Lengyel'99 and IGCP-442 Conference Veszprém, 1999*, 87–109. Veszprém: Directorate of the Veszprém county Museums.
- Horváth, T. 2004. *A Vátya kultúra településeinek kőanyaga. Komplex régészeti és petrográfiai feldolgozás*. Ph.D. disszertáció. ELTE–BTK Régészettudományi Intézet, Budapest, kézirat. http://www.archeo.mta.hu/munkatárslista/Horvath_Tunde/Ph.D.

- Horváth, T., S. Svingor, É. & Molnár, M. 2006. Újabb adatok a Baden-péceli kultúra keletkezéséhez. *Archeometriai Műhely* 2006(3), 19–30. (<http://www.ace.hu/am>)
- Horváth, T. 2010. Megfigyelések a középső és késő rézkori kultúrák fazekasáruin Balatonőszöd–Temetői dűlő lelőhelyen. Készítéstechnikai vizsgálatok. *Archeometriai Műhely* 2010(1), 51–82. (<http://www.ace.hu/am>)
- Jámbor Á., Partényi Z. & Solti G. 1981. A dunántúli bazalt vulkanitok földtani jellegei. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1979. évről* 1981, 225–239.
- Jankovics, É., Harangi, Sz. & Ntaflós, T. 2009. A mineral-scale investigation of the origin of the 2.6 Ma Füzes-tó basalt, Bakony-Balaton Highland Volcanic Field (Pannonian Basin, Hungary). *Central European Geology* 52, 97–124.
- Jankovics, É., Harangi, Sz. & Ntaflós, T. 2010. A mineral-scale investigation on the origin of the 2.6 Ma Füzes-tó basalt, Bakony-Balaton Highland Volcanic Field (Pannonian Basin, Hungary). In: IMA 2010. 20th General Meeting of the International Mineralogical Association. 21–27 August, 2010, Budapest, Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series* 6, 543.
- Józsa, S., Szakmány, Gy., Máthé, Z. & Barabás, A. 2009. A Mecsek és környéke miocén konglomerátum összetek felzíni elterjedése és a kavicsanyag összetétele. In: T. M. Tóth (ed.), *Magmás és metamorf képződmények a Tiszai Egységben*, 195–217. Szeged GeoLitera.
- Judik, K., T. Biró K. & Szakmány, Gy. 2001. Petroarchaeological research on the Lengyel Culture polished stone axes from Aszód, Papi földek. In: Regénye, J. (ed.), *Sites and Stones: Lengyel Culture in Western Hungary and beyond*, 119–129. Veszprém: Veszprém Megyei Múzeumok Igazgatósága.
- Jugovics, L. 1959a. A haláphegyi bazalt kőzettani vizsgálata. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1955–56 évről* 1959, 123–135.
- Jugovics, L. 1959b. Újabb vulkanológiai és kőzettani megfigyelések a Tátika-csoport bazalt-hegyein. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1955–56 évről* 1959, 153–178.
- Jugovics, L. 1972. A Kisalföld bazalt és bazalttufa előfordulásai. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1970 évről* 1972, 79–101.
- Kalkowsky, E. 1906. Der Nephrit des Bodensees. *Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft "Isis" in Dresden* 1, 28–44.
- Kázmér, M. 2005. *Jelentés az M0 autópálya ecseri szakaszán talált szarmata telep mészkönyagának mikrofácies-vizsgálatáról*. Kézírtatos jelentés.

Konečný, V., Lexa, J. & Hojstřichová, V. 1995. The Central Slovakia Neogene volcanic field: a review. *Acta Vulcanologica* 7(2), 63–78.

Kónya, P. 2009. *A Bakony – Balaton-felvidék Vulkáni Terület bazaltjaiban található üregkitöltő ásványok és üledékes eredetű kőzetzárványok ásványtani és genetikai vizsgálata*. Ph.D. dolgozat, Miskolc, ME MFK Ásványtani - Földtani Intézet, Ásvány- és Kőzettani Intézeti Tsz., kézirat.

Kostov, R. I. 2005. Gemmological Significance of the Prehistoric Balkan „Nephrite Culture” (Cases from Bulgaria). *Annual of the University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski”* 48 (Part I. Geology and Geophysics), 91–94.

Kóthay, K. 2009. *Alkáli bazaltos magma fejlődéstörténete szilikátolvadék-zárványok vizsgálata alapján, a Balaton-felvidéki Hegyestű és Haláp példáján*. Ph.D. dolgozat, Budapest, ELTE TTK FFI Kőzettani és Geokémiai Tsz., kézirat.

Kovács, I., Bali, E., Kóthay, K., Szabó, Cs. & Nédli, Zs. 2003. Bazaltos kőzetekben előforduló kvarc és földpát xenokristályok petrogenetikai jelentősége. *Földtani Közöny* 133, 397–420.

Kubovics, I. 1993. *Kőzetmikroszkópia II*. Budapest: Tankönyvkiadó.

Kurat, G., Palme, H., Spettel, B., Baddenhausen, H., Hofmeister, H., Palme, C. & Wänke, H. 1980. Geochemistry of ultramafic xenoliths from Kapfenstein, Austria: evidence for a variety of upper mantle processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 44, 45–60.

Leake, B. E. 1978. Nomenclature of amphiboles. *Mineralogical Magazine* 42, 533–563.

Majerowicz, A. & Pin, Ch. 1989. Recent progress in petrologic study of the Śleza Mt. Ophiolite complex. In: W. Narębski & A. Majerowicz, A. (eds.), *Lower and Upper Palaeozoic metabasites and ophiolites of the Polish Sudetes, Guide-Book of excursions in Poland, May 1989*, 6–34. Varsó, Polish Academy of Sciences, Institute of Geological Sciences

Majerowicz, A., Wojcik, A., Gunia, P. & Cholewa, P. 2000. Comparative study of serpentinite textures and rock material of Neolithic arefacts from Lower Silesia (SW Poland). *Krystalinikum* 26, 111–117.

Majoros, Gy. 1963. *A Balatonmelléki perm-i rétegösszlet üledékföldtani vizsgálata*. Egyetemi doktori értekezés, Budapest, kézirat.

Majoros, Gy. 1998. A Dunántúli-középhegység újpaleozóos képződményeinek rétegtana. In: I. Bérczi & Á. Jámor (eds.), *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*, 119–147. Budapest: MOL Rt. – Magyar Állami Földtani Intézet.

- Martin, U. & Németh, K. 2004. Mio/Pliocene Phreatomagmatic Volcanism in the Western Pannonian Basin. *Geologica Hungarica Series Geologica* 26.
- Máthé, Z. (ed.) 1998. A Bodai Aleurolit Formáció minősítésének rövidtávú programja, Kutatási zárójelentés 4. kötet, Ásvány-kőzettani, kőzetgeokémiai és izotóptranszport vizsgálatok. Kutatási jelentés. Pécs, Mecsekérc Környezetvédelmi Rt.
- Mauritz, B. 1913. A Mecsek-hegység eruptívus kőzetei. *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* XXI(6), 153–190.
- Mauritz, B. 1931. Die Zeolithmineralien der Basalte des Plattenseegebietes in Ungarn. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Beil.* 64A, 477–494.
- Mauritz, B. 1937. A halápi és gulácsi bazalt hólyagüregiben keletkezett ásványok. *Matematikai és Természettudományi Értesítő* 55, 923–937.
- Mauritz, B. & Harwood, H., F. 1937. A celldömölki Sághegy bazaltos kőzete. *Matematikai és Természettudományi Értesítő* 55, 938–959.
- Mauritz, B. 1948. A dunántúli bazaltok kőzetkémiai viszonyai. *Földtani Közlöny* 78, 134–169.
- Mauritz, B. 1958. Újabb ásványkőzettani érdekességek hazánkban. *Földtani Közlöny* 88, 447–452.
- McLennan, S. M. 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 2(4): 1021. ([doi:10.1029/2000GC000109](https://doi.org/10.1029/2000GC000109))
- Meyer, A. B. 1884. Ein weiterer Beitrag zur „Nephritfrage“. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* XV, 1–12.
- Nikl, A., Szakmány, Gy. & T. Biró, K. 2002. Petrological-geochemical studies of Neolithic stone tools from Tolna County, Hungary. In: E. Jerem & K. T. Biró (eds.), *Archaeometry 98 Proceedings of the 31st Symposium*, Budapest, April 26-May 3, 1998. *BAR International Series* 1043(II), 777–781. Budapest: Archeopress/Archeolingua.
- Németh, K., Martin, U. & Csillag, G. 2003. Lepusztult freatomegmás vulkáni kráter és kűrtökítőltés-roncsok (diatré mák) a Bakony-Balaton-felvidék vulkáni területen. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2000-2001* 2003, 83–99.
- Oláh, I., Bendő, Zs., Szakmány, Gy., Szilágyi, V. & Péterdi, B. in press. Results of the archaeometric analyses of stone implement preforms from Veszprém-Kádárta (W-Hungary). *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 63(1) *in press*.

- Oravecz, H. & Józsa, S. 2004. Archaeological and petrographic investigation of polished stone tools of the Neolithic and Copper Age period from the collection of the Hungarian National Museum. *Slovak Geological Magazine* 10, 105–134.
- Oravecz, H. & Józsa, S. 2005. A Magyar Nemzeti Múzeum újkőkori és rézkori csiszolt kőszerszámainak régészeti és petrográfiai vizsgálatainak eredményei. *Archeometriai Műhely* 2005(1), 23–47. (<http://www.ace.hu/am>)
- Pávai Vajna, F. 1941. Az 1938. évi budapestkörnyéki kiegészítő felvételi jelentésem. Ergänztender geologischer Aufnahmebericht des Jahres 1938 aus der Umgebung von Budapest. *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése az 1936-1938. évekről* 1941(I), 399–464.
- Pearce, J. A. & Parkinson, I. J. 1993. Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. In: H. M. Prichard, T. Alabaster, N. B. W. Harris & C. R. Neary (eds.), *Magmatic Processes and Plate Tectonics*, 373–403. London: Geological Society, Special Publications 76.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. 1973. *Sand and Sandstone*. New York–Heidelberg–Berlin: Springer.
- Péterdi, B., Horváth, T., Szakmány, Gy. & Kasztovszky, Zs. 2009a. Petrographic Investigation of Late Copper Age Stone Tools from Balatonoszöd (Temetői dulo), Western Hungary. In: Proceedings. Actes. ISA 2006. 36th International Symposium on Archaeometry, 2-6 May 2006, Quebec City, Canada. *Cahiers d'archéologie du CELAT*, 25, *Série archéométrie* 7, 161-171.
- Péterdi, B., Szakmány, Gy., Judik, K. & Dobosi, G. 2009b. Bazaltos andezit nyersanyagú szarmata szerszámkövek közettani és geokémiai vizsgálata (Üllő 5. lelőhely). *Archeometriai Műhely* 2009(2), 43-60. (www.ace.hu/am)
- Péterdi, B., Szakmány, Gy., Judik, K., Dobosi, G., Kasztovszky, Zs. & Szilágyi, V. 2011a. Petrographic and Geochemical Investigation of Sarmatian Grinding Stones from the Üllő 5 Site, North Hungary. In: I. Turbanti-Memmi (ed.), Proceedings of the 37th International Symposium on Archaeometry, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011, 285-292. DOI 10.1007/978-3-642-14678-7_41
- Péterdi, B., Szakmány, Gy., Judik, K., Dobosi, G., Kovács, J., Kasztovszky, Zs. & Szilágyi, V. 2011b. Bazalt anyagú csiszolt kőszerszók közettani és geokémiai vizsgálata (Balatonoszöd – Temetői Dülő lelőhely). *Archeometriai Műhely* 2011(1), 33-68.
- Poultidis, H. & Scharbert, H. G. 1986. Bericht über geochemisch-petrologische Untersuchungen an basaltischen Gesteinen des österreichischen Teils der transdanubischen

vulkanischen Region. *Anzeiger der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, mathematische-naturwissenschaftliche Klasse* 123, 65–76.

Preiswerk, H. 1926. Nephrit von Haudères (Wallis), Schweiz. *Mineralogische und Petrographische Mitteilungen* 6, 267–277.

Přichystal, A. 2000. Stone raw materials of Neolithic-Aeneolithic polished artefacts in the Czech Republic: The present state of knowledge. *Krystalinikum* 26, 119–136.

Přichystal, A. & Gunia, P. 2001. Magnetic properties of Lower Silesian serpentinites and some serpentinite artefacts from SW Poland and Moravia. *Slovak Geological Magazine* 7(4), 421–422.

Raucsikné Varga, A., Szakmány, Gy., Raucsik, B. & Máthé, Z. 2005. Chemical composition, provenance and early diagenetic processes of playa lake deposits from the Boda Siltstone Formation (Upper Permian), SW Hungary. *Acta Geologica Hungarica* 48(1), 49–68.

Raucsikné Varga, A. 2009. *A Dél-dunántúli paleozoos – alsó-triász sziliciklasztos kőzetek közettani és geokémiai vizsgálatának eredményei*. Ph.D. dolgozat, Budapest, ELTE TTK FFI Közettan-Geokémiai Tanszék, kézirat.

Sachs, A. 1902. Der „Weissstein“ des Jordansmühler Nephritvorkommens. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrgang* 1902, 385–396.

Sági, T. 2008. *Petrogenetikai következtetések a Pannon-medence nyugati részén előforduló alkáli bazaltok képződésére olivin és spinell összetétel adatok alapján*. Diplomadolgozat, Budapest, ELTE TTK FFI Közettan-Geokémiai Tsz., kézirat.

Sági, T., Harangi, Sz. & Ntaflós T. 2008. Petrogenesis of the Late Miocene-Pliocene alkali mafic rocks of the Pannonian Basin – inferences from the olivine compositions. *Geophysical Research Abstracts* 10.

Sági, T., Harangi, Sz. & Ntaflós T. 2010. The Pleistocene alkali basaltic volcanism at the Perşani Mountains, SE Carpathians, Romania – inferences from olivine phenocrysts and their spinel inclusions. In: IMA 2010. 20th General Meeting of the International Mineralogical Association. 21–27 August, 2010 Budapest, Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series* 6, 543.

Schneider, A. 1912. Der Diallag-Peridotit und seine Umwandlungsprodukte auf Gigestaffel südlich Andermatt. *Diss. Univ. Zürich*, 7–68.

Schmidt, C. 1917. Asbest und Nephrit von Poschiamo in Graubünden. *Zeitschrift für praktische Geologie*, 77–81.

- Šída, P. & Kachlík, V. 2009. Geological setting, petrology and mineralogy of metabasites in a thermal aureole of Tanvald granite (northern Bohemia) used for the manufacture of Neolithic tools. *Journal of Geosciences* 54, 269–287.
- Skoczylas, J., Jochemczyk, L., Foltyn, E. & Foltyn, E. 2000. Neolithic serpentinite tools of west-central Poland and Upper Silesia. *Krystalinikum* 26, 157–166.
- Staub, R. 1915. Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 60, 55–336.
- Staub, R. 1917. Bericht über die Exkursion der Schweiz. *Geologischen Gesellschaft. Eclogae Geologicae Helveticae* 14, 509.
- Sun, S.-S. & McDonough, W. F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A. D. Saunders & M. J. Norry (eds.), *Magmaism in the Ocean Basins. Geological Society, London, Special Publications* 42, 313–345.
- Szákmany, Gy. 1996. Results of the petrographical analysis of some samples of the ground and polished stone assemblage. In: J. Makkay, E. Starnini & M. Tulok (eds.), *Excavations at Bicske-Galagonyás (part III). The Notenkopf and Sopot-Bicske cultural phases. Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, Quaderno* 6, 224–241. Trieste.
- Szákmany, Gy., Fűri, J. & Szolgay, Zs. 2001. Outlined petrographic results of the raw materials of polished stone tools of the Mihály-collection, Laczkó Dezső Museum, Veszprém (Hungary). In: J. Regenye (ed.), *Sites and Stones: Lengyel Culture in Western Hungary and beyond*, 109–118. Veszprém: Veszprém Megyei Múzeumok Igazgatósága.
- Szákmany, Gy. & Kasztovszky, Zs. 2004. Prompt Gamma Activation Analysis: a new method in the archaeological study of polished stone tools and their raw materials. *European Journal of Mineralogy* 16, 285–295.
- Szákmany, Gy. & Nagy, B. 2005. Balatonlelle–Felső-Gamász lelőhelyről előkerült késő rézkori vörös homokkő őrlőkövek petrográfiai vizsgálatának eredményei. *Archeometriai Műhely* 2005(3): 13–21. (<http://www.ace.hu/am>)
- Szákmany, Gy., Starnini, E., Horváth, F., Szilágyi, V. & Kasztovszky, Zs. 2008. Gorzsa késő neolit tell településről előkerült kőeszközök archeometriai vizsgálatának előzetes eredményei (Tisza kultúra, DK Magyarország). *Archeometriai Műhely* 2008(3), 13–26. (<http://www.ace.hu/am>)
- Szákmany, Gy. 2009. Magyarországi csiszolt kőeszközök nyersanyag típusai az eddigi archeometriai kutatások eredményei alapján. *Archeometriai Műhely* 2009(1), 11–30. (<http://www.ace.hu/am>)

- Szakmány, Gy., Kasztovszky, Zs., Szilágyi, V., Starnini, E., Friedel, O. & T. Biró, K. 2010. Discrimination of prehistoric polished stone tools from Hungary by non-destructive chemical analyses. In: IMA 2010. 20th General Meeting of the International Mineralogical Association. 21-27 August, 2010 Budapest, Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series* 6, 110.
- Szakmány, Gy. & Nagy-Szabó, T. 2011. Zalalövőről származó római kori malomkövek archeometriai vizsgálati eredményei. *Archeometriai Műhely* 2011(1), 85-98. (<http://www.ace.hu/am>)
- Szakmány, Gy., Kasztovszky, Zs., Szilágyi, V., Starnini, E., Friedel, O. & T. Biró, K. in press. Discrimination of prehistoric polished stone tools from Hungary by non-destructive chemical analyses. *European Journal of Mineralogy* 23(6).
- Szentes, F. 1952. Összefoglaló jelentés az 1948-49. évi pestkörnyéki felvétetről. (Compte rendu des levés executés aux environs de Budapest en 1948-49). *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1949. évről* 1952, 11–20.
- Taylor, S. R. & McLennan, S. M. 1985. *The Continental Crust: its Composition and Evolution*. Palo Alto, CA, USA, Blackwell Scientific Publications Ltd.
- T. Biró, K. 1992. Adatok a korai baltakészítés technológiájához. *Acta Musei Papensis* 3–4, 33–80.
- T. Biró Katalin & Péterdi Bálint 2011. Domoszló-Pipis: Örlőkő és malomkő készítő műhely a Mátrában. In: Tóth & Vida szerk., Corolla museologica Tibor Kovács dedicata. Magyar Nemzeti Múzeum Budapest, 523-534
- Traube, H. 1885a. Ueber den Nephrit von Jordansmühl in Schlesien. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Beilage-Band* III, 412–427.
- Traube, H. 1885b. Über den Nephrit von Jordansmühl in Schlesien. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrgang* 1885. II. Band, 91–94.
- Traube, H. 1887. Ueber einen neuen Fund von anstehendem Nephrit bei Reichenstein in Schlesien. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrgang* 1887. II. Band, 275–278.
- Varga, A., Raucsik, B., Szakmány, Gy. & Máthé, Z. 2006. A Bodai Aleurolit Formáció törmelékes közettípusainak ásványtani, közettani és geokémiai jellemzői / Mineralogical, petrological and geochemical characteristics of the siliciclastic rock types of Boda Siltstone Formation. *Földtani Közlemény* 136(2), 201-232.
- Varga, A., Szakmány, Gy., Árgyelán, T., Józsa, S., Raucsik, B. & Máthé, Z. 2007. Complex examination of the Upper Paleozoic siliciclastic rocks from southern Transdanubia, SW

- Hungary – Mineralogical, petrographic, and geochemical study. Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry *GSA Special Paper* 420 (0) (January 2007), 221–240.
- Varga, M. 2010. *Magyarországi andaluzitos gránit hőmpölyök petrográfiaja (Dunavarsány, Nyugat-Mecsek térségben)*. Szakdolgozat, Budapest, ELTE TTK Közettan-Geokémiai Tanszék, kézirat.
- Vitális, I. 1904. Adatok a Balaton-fölvidék bazaltos kőzeteinek ismeretéhez. *Földtani Közlöny* 34, 377–399.
- Welter, O. A. 1911a. Ein Beitrag zur Geologie des Nephrits in den Alpen und im Frankenwalde. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrgang* 1911. II. Band, 86–106.
- Welter, O. A. 1911b. Nachtrag zu meinem Aufsatz über Nephrit (dies. Jahrb. 1911. II). *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrgang* 1911. II. Band, 163.
- Wojciechowski, W. 1995. Die neolitische Serpentin Mine vom Jańska Góra in Niederschlesien, Polen. *Veröffentlichungen des Brandenburgischen Landesmuseums für Ur- und Frühgeschichte* 29, 201–208.
- Zhang, Z. W., Gan, F. X. & Cheng, H. S. 2011. PIXE analysis of nephrite minerals from different deposits. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 269, 460–465.

1. táblázat: Mintadarabok és elvégzett vizsgálatok.

Objektum	Lelet	Minta jel	Kőzet	Vékonyvisszat	PGAA	ICP-ES, ICP-MS	MS	SEM
B 1187		BOT 1	Mésző (1. csoport)	+				
B 1124		BOT 2	Homokkő (I/1 alcsoport)	+				
B 1563		BOT 3	Homokkő (II csoport)	+		+		
R-925 (50/11 szelvény)		BOT 4	Homokkő (I/1 alcsoport)	+		+		
R-925 (50/11 szelvény)		BOT 5	Homokkő (I/2 alcsoport)	+		+		
B 1857	Kőhalla	BOT 6	Bazalt (1. változat)	+	+	+		+
B 1392 (egy darabja)	Kőhalla	BOT 6/b	Bazalt (2. változat: a minta) (mállott)	+		+		+
B 2677	Kőhalla	BOT 6/c	Bazalt (2. változat: b minta)	+	+	+		+
B 1228	Kőhalla	BOT 6/2	Bazalt (2. változat)		+			
(44/9 szelvény)								
B 1187 (48/10 szelvény)	Marokkő	BOT 6/3	Bazalt (2. változat)		+			
49/7 szelvény szint sülly.		BOT 7	Bazaltos lapilli-tufa (1. változat)	+				+
B 2677		BOT 7/b	Bazaltos lapilli-tufa (2. változat)	+				+
B 1570		BOT 8	Kvarcit kavics				+	
B 1228	Kőhalla	BOT 9	Szerpeninit	+	+			
B 1558		BOT 10	Homokkő (I/2 alcsoport)					
Nincs jelzés		BOT 11	Mésző (1. csoport)	+				
B 1571-1584-ig		BOT 12	Dolomit	+				
B 1496		BOT 13	Homokkő (III csoport)	+		+		
R-925 (46/5 szelvény) (egy darabja)	Órtéko (festékes)	BOT 14	Homokkő (I/2 alcsoport)			+		
B 1449		BOT 15	Homokkő (I/2 alcsoport)			+		
B 2622, 2657		BOT 16	Mésző (2. csoport)					

1. táblázat: Mintadarabok és elvégzett vizsgálatok (folyt).

Objektum	Lelet	Minta jel	Kőzet	Vékonycsiszolat	PGAA	ICP-ES, ICP-MS	MS	SEM
B 2341 (54/29 szelvény)	Őrlőkö	BOT X1	Homokkő (átmenet I/1 és I/2 alcsoport között)	+				
B 1987 3. fel. (42. HÁZ)	Kőbalt	BOT X2	Zöldpala-kontakti metabázit		+		+	(+)
B 2716 (42/26 szelvény)	Kőbalt	BOT X3	Szerpentinit	+	+		+	
B 2412 (50/31 szelvény)	Kőbalt	BOT X4	Szerpentinit		+		+	
B 991 02/2 F.	Csiszolt vésőbalt	BOT X5	Nefrit	+	+		+	+
B 1485 (49/14 szelvény)	Kőbalt	BOT X6	„trachidolerit” (alkáli bazizos telérfőzet)	+	+		+	+
R 925 (46/9, 47/9 szelvény)	Kőbalt	BOT X7	Szerpentinit (megégett)	+				
R 925 (48/7 szelvény)	Kőbalt	BOT X8	„trachidolerit” (alkáli bazizos telérfőzet)	+	+		+	+
B 2098 (52/27 szelvény)	Őrlőkö	BOT X9	Fehér gránit	+				
K 157 B 240 (53/20 szelvény)	Csiszolt kő	BOT X10	Meta-leurolit?, meta-tuf?		+		+	(+)
R 925 (48/2 szelvény)	Csiszoló-kavics	BOT X11	Fillit-kavics	+				
B 1084 (50/9 szelvény)	Csiszolt balt	BOT X12	Zöldpala-kontakti metabázit		+		+	(+)
B 2228 (52/29, 52/30 szelvény)	Csiszolt balt	BOT X13	Kovácsodott andezit					+
B 2242 (55, 54/33 szelvény)	kavicsból balt	BOT X14	Finomszemcsés gránit?					
B 2242 (55, 54/33 szelvény)	kőbalt	BOT X15	kvarcit-kavics					

1. táblázat: Mintadarabok és elvégzett vizsgálatok.

2. táblázat: a kiválasztott minta-darabok teljes-kémiai (PGAA) elemzésének eredményei (h%: hiba %; n.a.: nincs adat). A sorrend a tárgyalás sorrendjét követi.

Mintatjel	BOT 6		BOT 6c		BOT 6/2		BOT 6/3		BOT X6		BOT X8	
Objektum	B 1857		B 2677		B 1228		B 1187		B 1485		R 925 (48/7 sz.)	
Közet	bazalt		bazalt		bazalt		bazalt		„trachidolerit”		„trachidolerit”	
Élelemek (w%)	h%		h%		h%		h%		h%		h%	
SiO ₂	47,43	1,4	48,29	1,4	45,36	1,4	47,48	1,3	44,0	0,9	42,0	1,0
TiO ₂	2,23	2,2	2,03	2,3	2,28	2,1	2,01	2,3	4,01	1,3	4,09	1,4
Al ₂ O ₃	14,82	2,1	14,29	2,1	15,01	2,1	14,50	2,1	17,90	1,4	13,20	1,6
Fe ₂ O ₃	11,06	2,2	11,28	2,3	9,93	2,1	11,01	2,1	13,50	1,2	14,10	1,2
MnO	0,16	3,0	0,13	6,3	0,16	3,0	0,13	3,6	0,193	1,8	0,390	1,8
MgO	6,59	6,1	7,79	6,3	9,74	4,9	8,51	5,4	4,10	8,1	7,80	5,0
CaO	10,36	2,7	8,48	2,8	10,09	2,7	8,50	2,8	6,00	2,4	11,50	1,8
Na ₂ O	3,80	2,5	4,73	2,5	3,53	2,5	4,33	3,0	3,95	1,3	2,91	1,6
K ₂ O	2,68	3,1	2,44	3,5	2,53	2,3	2,73	3,0	0,57	3,6	0,68	2,9
H ₂ O	0,84	2,3	0,38	3,5	1,13	2,1	0,70	3,0	5,60	1,2	3,34	1,4
SUM	99,96		99,83		99,76		99,90		99,83		100,43	
Nyomelemek (ppm)												
B	0,55	2,3	3,70	1,8	2,77	1,6	1,67	1,7	n.a.	n.a.	n.a.	
S	n.a.		n.a.		n.a.		n.a.		n.a.		3000	17,5
Cl	379,24	6,0	843,11	2,3	566,61	4,7	884,44	4,0	n.a.		110	9,6
Sc	29,37	12,1	<10		33,45	14,4	14,21	24,7	n.a.		n.a.	
Cr	<400		563,89	9,8	481,50	8,0	<400		n.a.		1000	11,7
V	n.a.		n.a.		n.a.		n.a.		n.a.		n.a.	
Co	<40		<40		<40		<40		140	6,1	n.a.	
Ni	<500		<500		<500		<500		n.a.		n.a.	
Nd	46,70	15,0	49,32	10,6	53,75	9,4	39,55	16,4	n.a.		n.a.	
Sm	3,93	2,6	3,75	3,3	4,94	2,3	5,48	7,2	6,9	1,3	9,0	1,4
Gd	3,70	3,6	4,86	3,9	5,36	4,1	5,13	4,0	8,1	2,2	9,9	1,7

2. táblázat: a kiválasztott minta-darabok teljes-kémiai (PGAA) elemzésének eredményei (h%: hiba %; n.a.: nincs adat). A sorrend a tárgyalás sorrendjét követi.

2. táblázat (folyt.): a kiválasztott minta-darabok teljes-kémiai (PGAA) elemzésének eredményei (h%: hiba %; n.a.: nincs adat). A sorrend a tárgyalás sorrendjét követi.

Mintajel objektum	BOT X5 B 991 nefrit	BOT 9 B 1228 serpentin	BOT X3 B 2716 serpentin	BOT X4 B 2412 serpentin	BOT X2 B 1987 metabazit	BOT X12 B 1084 metabazit	BOT X10 B 240 Meta-aleurilit/ metatufa?
Összet.	h%	h%	h%	h%	h%	h%	h%
SiO ₂	56,0	43,08	41,4	40,3	45,6	51,0	62,0
TiO ₂	0,028	4,3	0,024	5,9	1,73	3,52	0,68
Al ₂ O ₃	n.a.	1,21	1,01	4,1	2,3	14,00	12,70
Fe ₂ O ₃	5,00	7,70	6,60	1,3	11,40	13,40	6,70
MnO	0,164	0,11	0,107	4,4	0,237	2,5	0,080
MgO	22,90	35,15	38,00	1,2	7,90	6,00	3,90
CaO	12,00	<1	n.a.	0,84	10,50	9,00	4,20
Na ₂ O	0,32	<0,1	n.a.	n.a.	2,38	1,73	1,96
K ₂ O	n.a.	<0,5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,10
H ₂ O	3,90	12,26	11,86	0,9	2,67	0,94	4,40
SUM	100,38	99,52	99,39	99,64	99,78	99,80	99,76
Nyomelemek (ppm)							
B	8,9	4,13	27,1	0,6	0,70	n.a.	97
S	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	n.a.	11,06	17,3	66	3,8	n.a.	n.a.
Sc	n.a.	<10	n.a.	13	15,1	50	n.a.
Cr	n.a.	2138,96	3,2	2030	2,5	1070	n.a.
V	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	510	5,0	n.a.
Co	n.a.	64,64	5,5	130	6,6	110	n.a.
Ni	700	1207,45	4,0	1790	2,8	2000	400
Nd	n.a.	<30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sm	n.a.	0,13	10,4	n.a.	2,81	1,8	3,3
Gd	n.a.	0,22	7,0	0,65	3,8	8,9	3,8

2. táblázat (folytatás): a kiválasztott minta-darabok teljes-kémiai (PGAA) elemzésének eredményei (n.a.: nincs adat). A sorrend a tárgyalás sorrendjét követi.

3. táblázat: A kiválasztott minta-darabok teljes-kémiai (ICP-ES, ICP-MS) elemzésének eredményei.

	bazalt 1	bazalt 2a	bazalt 2b	Homokkő (I/1 alcsoport)	Homokkő (I/2 alcsoport)	Homokkő (I/2 alcsoport)	Homokkő (II csoport)
	BOT 6	BOT 6/b	BOT 6/c	BOT 4	BOT 5	BOT 14	BOT 3
	B 1857	B 1392	B 2677	R 925 (50/11. sz.)	R 925 (50/11. sz.)	R 925 (46/5. sz.)	B 1563
Főelemek (w%)							
SiO ₂	43,96	45,48	45,61	74,94	86,93	85,10	88,70
Al ₂ O ₃	15,51	15,73	15,47	10,31	8,26	9,50	5,62
Fe ₂ O ₃	10,37	10,75	10,76	5,52	0,71	0,54	0,96
MgO	8,07	7,40	8,06	0,16	0,06	0,10	0,13
CaO	10,83	9,60	9,33	1,97	0,08	0,29	0,16
Na ₂ O	3,58	3,56	4,20	0,06	0,02	0,05	0,13
K ₂ O	2,50	1,76	2,36	0,68	0,43	0,47	3,35
TiO ₂	2,17	2,20	2,16	0,46	0,28	0,20	0,07
P ₂ O ₅	0,69	0,80	0,82	0,18	0,04	0,12	0,13
MnO	0,18	0,17	0,17	0,22	0,01	0,05	0,01
Cr ₂ O ₃	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
LOI	1,80	2,20	0,70	5,30	3,20	3,60	0,60
SUM	99,69	99,67	99,66	99,80	100,02	100,02	99,86
Nyomelemek (ppm)							
Rb	87,40	48,20	75,60	29,9	18,5	23,1	72,6
Ba	797,00	1030,40	908,90	166,9	98,4	72,9	477,4
Th	7,30	7,90	8,70	11,6	5,7	6	4,1
Nb	65,30	71,20	74,20	6,9	5,1	4,5	2,3
Pb	5,10	3,80	2,70	2,9	5,3	2,6	1,9
Sr	834,80	1014,40	984,40	111,8	45	124,4	208,3
Nd	46,50	47,40	48,20	30,6	9,1	17,6	8
Zr	296,30	262,40	278,80	287,8	141,4	86,8	58,4
Y	29,00	28,70	28,90	24,3	13	10,7	6,9
Ritkaföldfémek (ppm)							
La	56,20	55,20	58,10	28,5	11	22,3	9,8
Ce	113,40	110,70	113,20	61,4	20,7	43,7	19,1
Pr	12,12	11,60	12,25	7,22	2,43	4,93	2,11
Nd	46,50	47,40	48,20	30,6	9,1	17,6	8
Sm	8,40	8,20	8,90	6,4	1,8	2,8	1,5
Eu	2,32	2,64	2,62	1,11	0,33	0,6	0,44
Gd	6,64	7,10	7,45	5,12	1,52	1,88	1,4
Tb	0,82	0,85	0,79	0,7	0,29	0,22	0,16
Dy	4,94	5,10	5,13	4,27	1,82	1,48	1,11
Ho	1,01	0,98	0,97	0,83	0,42	0,34	0,23
Er	2,49	2,50	2,45	2,39	1,22	0,98	0,65
Tm	0,43	0,40	0,37	0,42	0,22	0,18	0,1
Yb	2,53	2,31	2,39	2,47	1,24	1,09	0,57
Lu	0,36	0,32	0,32	0,37	0,2	0,16	0,09

4. táblázat: A kiválasztott minta-darabok mágneses szuszceptibilitás (MS) értékei.
A sorrend a tárgyalás sorrendjét követi.

Mintajel	Objektum	Kőzet	Korrigált MS (10^{-3} SI)
BOT X6	B 1485	„trachidolerit”	0,82
BOT X8	R 925 (48/7 sz.)	„trachidolerit”	27,02
BOT X5	B 991	nefrit	0,13
BOT 9	B 1228	szerpentinit	13,85
BOT X3	B 2716	szerpentinit	57,25
BOT X4	B 2412	szerpentinit	29,23
BOT X2	B 1987	metabázit	0,44
BOTX12	B 1084	metabázit	0,57
BOT X10	B 240	Meta-aleurolit/ metatufa?	0,30

5. táblázat: A főelem-diagramok alapján a lehetséges nyersanyag-források közül kizárt lelőhelyek.
A táblázatban 'x' jelzi a kizárás alapjául szolgáló főelemeket. A ki nem zárt lelőhelyek félkövérrel szedve.

		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO
Grazi-medence	Stradner Kogel	x	x		x	x	x			x
Grazi-medence	Steinberg									
Grazi-medence	Klöch									
Grazi-medence	Tobaj	x	x	x	x		x	x		
Grazi-medence	Németújvár (Güssing)	x	x		x		x	x		
Grazi-medence	Grad		x	x						x
Grazi-medence	Neuhaus	x				x	x	x	x	x
Grazi-medence	Kapfenstein		x?							x
Grazi-medence	Tieschen				x					
Burgenland	Pál-hegy (Pauliberg)		x						x	
Burgenland	Felsőpulya (Oberpullendorf)		x						x?	
Kisalföld	Somlyó	x				x				
Kisalföld	Kissomlyó									
Kisalföld	Ság-hegy	x	x							
Kisalföld	Hercseg-hegy (Sitke)				x			x?		
Kisalföld	Sitke-Gérce		x							x
Kisalföld	Sitke (bázisosabb)	x			x	x	x			x
Kisalföld	Sitke (savanyúbb)			x			x	x		
Balaton-felvidék I	Sümeprága									
Balaton-felvidék I	Bondoró-hegy				x	x			x?	

5. táblázat (folyt.)

Balaton-felvidék 1	Diszel (Hajagos)								
Balaton-felvidék 1	Badacsony								
Balaton-felvidék 1	Hegyessd								
Balaton-felvidék 1	Szigliget					x?			
Balaton-felvidék 1	Gulács								
Balaton-felvidék 1	Halom-hegy								
Balaton-felvidék 1	Hegyesztű								
Balaton-felvidék 1	Füzes-tó		x	x	x			x?	
Balaton-felvidék 1	Csobánc		x?	x		x			
Balaton-felvidék 1	Kapolcs (bázisosabb)				x				
Balaton-felvidék 1	Kapolcs (savanyúbb)	x		x		x			
Balaton-felvidék 1	Tihany						x		
Balaton-felvidék 1	Sátorma				X?				
Balaton-felvidék 2	Kovácsi-hegy (bázisosabb)	x?							
Balaton-felvidék 2	Kovácsi-hegy (savanyúbb)	x		x	x				
Balaton-felvidék 2	Agár-tető	x							
Balaton-felvidék 2	Kab-hegy	x				x			
Balaton-felvidék 2	Tormarét	x				x			
Balaton-felvidék 2	Haláp (bázisosabb)								
Balaton-felvidék 2	Haláp (savanyúbb)	x							
Balaton-felvidék 2	Som-hegy	x				x			
Balaton-felvidék 2	Szentgyörgy-hegy	x		x					
Balaton-felvidék 2	Uzsabánya-Uzsa (bázisosabb)	x?							
Balaton-felvidék 2	Uzsabánya-Uzsa (savanyúbb)	x							
Balaton-felvidék 2	Tóti-hegy (Káptalantóti) (báz.)								
Balaton-felvidék 2	Tóti-hegy (Káptalantóti) (sav.)	x	x	x					
Nógrád	Eresztvény		x	x					
Nógrád	Magyarbánya		x	x	x		x?		
Nógrád	Nagysalgó	x?							
Nógrád	Pécskö	x		x	x	x		x?	

5. táblázat (folyt.)

Nógrád	Somoskő		x		x				x
Nógrád	Szilvaskő		x		x				x
Nógrád	Ajnácskő	x	x	x	x		x	x	
Nógrád	Bárna			x					
Nógrád	Bolgárom (Bulhary)			x					
Nógrád	Fülekkovács (Fil'akovské Kováče)		x?	x			x?		
Nógrád	Korláti (Konrádovce)			x	x				
Nógrád	Patakalja (Podrecany)	x	x	x	x	x	x		
Közép-Szlovákia	Selmecbánya (Banská Stiavnica)				x			x?	
Közép-Szlovákia	Kysihibel		x		x			x?	x
Közép-Szlovákia	Dobornya (Dobra Niva)	x		x	x				
Közép-Szlovákia	Magasmart (Brehy)		x		x				
Közép-Szlovákia	Ziar	x	x		x			x	
Közép-Szlovákia	Vlci vrch	x	x		x			x	
Közép-Szlovákia	Šibeničný Formáció	x	x					x	
Közép-Szlovákia	Putikov		x		x				
Persányi-hegység (Muntii Persanii)	Rákos			x	x			x	
Persányi-hegység (Muntii Persanii)	Sáromberke (Barc)			x				x?	
Persányi-hegység (Muntii Persanii)	Bogata			x				x?	
Persányi-hegység (Muntii Persanii)	Sarata			x				x?	
Persányi-hegység (Muntii Persanii)	Felsőkomana (Comana de Sus)	x	x	x				x	
Persányi-hegység (Muntii Persanii)	Olthévíz (Hoghiz)	x		x	x		x	x?	
Persányi-hegység (Muntii Persanii)	La Gruia Fintina	x		x	x		x	x	x
Bánát	Lukácskő (Lucaret)	x				x			
Bánát	Szıklás (Sanovita)	x	x			x			

6. táblázat: A főelem-diagramok alapján a régészeti leletek összetételéhez legközelebb álló geológiai lelőhelyek

	bazalt 1	bazalt 2a	bazalt 2b
1.	Hegyesű	Sümeprága	Sümeprága
	Haláp (bázisosabb)	Diszel-Hajagos	Haláp (bázisosabb)
	Klöch	Sátorma	Badacsony
	Steinberg	Halom-hegy	Halom-hegy
		Gulács	Gulács
		Hegyesd	Hegyesd
		Tóti-hegy (bázisosabb)	Tóti-hegy (bázisosabb)
		Szigliget	Szigliget
		Kissomlyó	Kissomlyó
		Badacsony	Diszel-Hajagos
		Haláp (bázisosabb)	Sátorma
2.		Uzsabánya-Uzsa (bázisosabb)	Uzsabánya-Uzsa (bázisosabb)
		Kovácsi-hegy (bázisosabb)	Kovácsi-hegy (bázisosabb)
		Nagysalgó	Nagysalgó

7. táblázat: A bazalt-lelőhelyek csoportosítása teljes kémiai elemzések (főelemek) alapján, az összes elemzés figyelembe vételével (434 adatsor). Az egyes lelőhelyek neve mellett zárójelben feltüntettük az adott lelőhely mintáiról készült, a csoportba sorolt elemzések és a teljes csoportosításhoz a lelőhely mintáiról felhasznált elemzések számát is (utóbbi esetben a bázisosabb és savanyúbb minták számát összesítve).

1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport	6. csoport	7. csoport	8. csoport
							bazalt 2a
Felsőpulya (21/21)	Bondoró-hegy (10/10)	Hercseg-hegy (Sitke) (21/22)	Šibeničny Fm (3/3)	Agár-tető (2/3)	Pál-hegy (7/56)	Ajnácskő (1/1)	Agár-tető (1/3)
Ság-hegy (2/30)	Füzes-tó (2/2)	Klöch (1/6)	Vlci vrch (4/4)	Bogata (1/3)	Ság-hegy (1/30)	Eresztvény (11/11)	Badacsony (2/18)
Tobaj (1/1)		Magasmarkt (3/4)	Ziar (1/1)	Dobornya (2/2)		Fülekkovác si (2/2)	Bárna (2/3)
		Olthévíz (1/1)		Haláp (s) (16/18)		Magyarbány (11/11)	Bogata (2/3)
		Putikov (2/2)		Kab-hegy (1/1)		Patakaj (1/1)	Felsőkomana (1/1)
		Sümeprága (1/16)		Kapfenstein (1/2)		Steinberg (1/5)	Csobánc (1/1)
		Tóti-hegy (b) (1/2)		Kissomlyó (2/12)		Somoskő (2/2)	Diszel (Hajagos) (21/25)
				Kysihibel (2/2)		Szilváskő (1/1)	Gulács (4/14)
				La Gruia Fintina (1/1)			Haláp (b) (2/18)
				Lukácskő (1/1)			Halom-hegy (1/3)
				Nagysalgó (1/1)			Kapolcs (b) (2/3)
				Neuhaus (1/1)			Kovácsi-hegy (b) (1/11)
				Pécskő (1/1)			Rákos (5/5)
				Ság-hegy (27/30)			Sárta (1/1)
				Som-hegy (1/1)			Sátorma (1/1)

7. táblázat (folytatás):

1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport	6. csoport	7. csoport	8. csoport
				Somlyó (7/7)			Sáromberke (2/2)
				Szentgyörgy-hegy (14/14)			Selmebánya (1/2)
				Sziklás (1/1)			Sümeprága (1/16)
				Tóti-hegy (s) (1/2)			Uzsa (b) (1/10)
				Tormarét (6/6)			
				Uzsa (s) (1/10)			

7. táblázat (folytatás): A bazalt-lelőhelyek csoportosítása teljes kémiai elemzések (főelemek) alapján, az összes elemzés figyelembe vételével (434 adatsor). Az egyes lelőhelyek neve mellett zárójelben feltüntettük az adott lelőhely mintáiról készült, a csoportba sorolt elemzések és a teljes csoportosításhoz a lelőhely mintáiról felhasznált elemzések számát is (utóbbi esetben a bázisosabb és savanyúbb minták számát összesítve).

9. csoport	10. csoport	11. csoport	12. csoport	13. csoport	14. csoport	15. csoport
	bazalt 2b	bazalt 1				
Németújvár (1/1)	Badacsony (16/18)	Bolgaröm (1/1)	Pál-hegy (28/56)	Pál-hegy (21/56)	Sitke (1/2)	Kapfenstein (1/2)
Kovácsi-hegy (s) (10/11)	Bárna (1/3)	Diszel (Hajagos) (3/25)			Tihany (1/4)	Steinberg (1/5)
Uzsa (s) (8/10)	Diszel (Hajagos) (1/25)	Grad (1/1)				Stradner Kogel (11/11)
	Halom-hegy (2/3)	Gulács (10/14)				
	Kissomlyó (1/12)	Hegyesd (7/7)				
	Klőch (5/6)	Hercseg-hegy (Sitke) (1/22)				
	Magasmart (1/4)	Hegvestű (2/2)				
	Sitke-Gérce (3/3)	Kapolcs (s) (1/3)				
	Steinberg (3/5)	Kissomlyó (9/12)				
	Sümeprága (2/16)	Korlátú (1/1)				
	Tieschen (1/1)	Selmebánya (1/2)				
		Sitke (1/2)				
		Sümeprága (12/16)				
		Szigliget (5/5)				
		Tihany (3/4)				

8. táblázat: A bazalt-lelőhelyek csoportosítása teljes kémiai elemzések (főelemek) alapján, csak a teljes csoportosítás 8-11. csoportjának figyelembe vételével (168 adatsor). Az egyes lelőhelyek neve mellett zárójelben feltüntettük az adott lelőhely mintáiról készült, a csoportba sorolt elemzések és a teljes csoportosításhoz a lelőhely mintáiról felhasznált elemzések számát is (utóbbi esetben a bázisosabb és savanyúbb minták számát összesítve).

1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport	6. csoport	7. csoport
	bazalt 2a					
	bazalt 2b					
Bárna (1/3)	Badacsony (17/18)	Sitke-Gérce (2/3)	Klőch (2/6)	Agár-tető (1/3)	Gulács (10/14)	Hegyed (7/7)
Bolgárom (1/1)	Diszel (Hajagos) (1/25)		Magasmart (1/4)	Diszel (Hajagos) (24/25)	Kapolcs (s) (1/3)	Selmecbánya (2/2)
Halom-hegy (3/3)	Haláp (b) (1/18)		Steinberg (1/5)	Gulács (3/14)	Kissomlyó (5/12)	Szigliget (5/5)
Klőch (3/6)	Steinberg (1/5)			Haláp (b) (1/18)	Sümeprága (11/16)	Tihany (1/4)
Korláti (1/1)	Sitke-Gérce (1/3)			Kapolcs (b) (2/3)		
Sümeprága (1/16)	Sümeprága (3/16)			Kovácsi-hegy (b) (1/11)		
	Tieschen (1/1)			Sátorma (1/1)		
				Uzsa (b) (1/10)		
				Uzsa (s) (3/10)		
8. csoport	9. csoport	10. csoport	11. csoport	12. csoport	13. csoport	14. csoport
		bazalt 1				
Tihany (2/4)	Grad (1/1)	Hercseg-hegy (Sitke) (1/22)	Az átsorolások során kiürült.	Németújvár (1/1)	Bogata (2/3)	Badacsony (1/18)
	Steinberg (1/5)	Hegyestű (2/2)		Kovácsi-hegy (s) (10/11)	Felsőkomana (1/1)	Bárna (2/3)
	Sitke (1/2)	Kissomlyó (4/12)		Uzsa (s) (5/10)	Rákos (5/5)	Csobánc (1/1)
					Sarata (1/1)	Gulács (1/14)
					Sáromberke (2/2)	Kissomlyó (1/12)

9. táblázat: elektron-mikroszondás (EPMA) eredmények: biotitok (BOT X6, mecseki telérkőzetek)

	TiO2	K2O	FeO	MgO
BOT X6	4,33-5,43	6,48-7,51	21,31-25,82	8,51-12,19
Na-bazanit	5,22-7,56	8,22-8,54	19,98-20,86	9,60-10,28
tefrifonolit	6,31-7,07	8,22-8,63	21,89-24,48	7,96-9,79

10. táblázat: elektron-mikroszondás (EPMA) eredmények: plagioklászok (BOT X6, BOT X8)

	An	Ab	Or	összetétel:
mag	52,5-55,6	43,1-46,1	1,2-2,4	labradorit
1. zóna	43,7-45,9	52,0-53,6	2,1-2,7	andezin (b)
2. zóna	30,4-32,8	62,8-65,2	4,2-4,4	andezin (s)
3. zóna	24,6	68,9	6,5	oligoklász (b)
4. zóna	13,7-16,6	73,6-76,4	8,9-10,3	oligoklász (s)
5. zóna	9,1	89,1	1,8	albit
szegély	0,3-2,0	96,2-99,3	0,3-1,8	albit (másodlagos?)

11. táblázat: elektron-mikroszondás (EPMA) eredmények: analcím (BOT X6, mecseki alkáli bazalt)

	BOT X6			kalcitos ocellum (mecseki alkáli bazaltban)			
	analcím, kalcit körül	analcím, plagioklász közepén	analcím, plagioklász mellet	kalcit mellet	kalcit mellet	befoglaló bazalt kontaktusán	befoglaló bazalt kontaktusán
SiO₂	54,34	53,56	54,71	54,34	54,59	51,57	51,33
Al₂O₃	21,93	22,04	22,49	21,81	21,19	23,65	23,45
FeO	0,01	0,16	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CaO	0,08	0,07	0,23	0,04	0,01	0,68	0,75
Na₂O	12,76	12,14	12,87	13,40	12,73	13,35	12,51
K₂O	0,16	0,13	0,12	0,03	0,01	0,03	0,03
összeg	89,28	88,10	90,42	89,62	88,53	89,28	88,07
100%-ra számolva:							
SiO₂	60,86	60,79	60,51	60,63	61,66	57,76	58,28
Al₂O₃	24,56	25,02	24,87	24,34	23,94	26,49	26,63
FeO	0,01	0,18	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CaO	0,09	0,08	0,25	0,04	0,01	0,76	0,85
Na₂O	14,29	13,78	14,23	14,95	14,38	14,95	14,20
K₂O	0,18	0,15	0,13	0,03	0,01	0,03	0,03
összeg	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

12. táblázat: elektron-mikroszondás (EPMA) és PGAA eredmények: nefrit (monomineralikus: tremolit) (BOT X5)

	elektron-mikroszonda											PGAA
	BOT X5											BOT X5 teljes közet
	mátrix	mátrix	mátrix	mátrix	mátrix	mátrix	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.	
	1	2	3	10	11	12	4	5	6	7	8	
SiO2	58,78	57,76	58,76	58,12	57,51	58,25	57,70	57,63	57,55	57,97	58,37	56,00
TiO2	0,00	0,17	0,15	0,08	0,00	0,10	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,03
Al2O3	0,10	0,31	0,09	0,05	0,00	0,11	0,14	0,10	0,04	0,07	0,00	0,00
FeOt	3,69	3,00	3,27	3,21	3,05	3,19	3,37	4,35	3,70	3,98	2,97	4,50
MnO	0,03	0,12	0,15	0,04	0,11	0,00	0,19	0,04	0,09	0,10	0,00	0,16
MgO	22,52	22,05	22,56	22,21	22,58	22,90	22,39	22,22	22,66	22,34	23,22	22,90
CaO	13,04	12,51	12,49	12,59	13,05	12,92	13,10	12,76	13,04	13,34	13,04	12,00
Na2O	0,24	0,37	0,27	0,53	0,43	0,46	0,42	0,40	0,46	0,41	0,58	0,32
K2O	0,00	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,10	0,19	0,13	0,00
(H2O/LOI)												3,90
szum	98,40	96,30	97,83	96,83	96,73	97,93	97,35	97,60	97,64	98,40	98,31	99,81
illómentesen 100%-ra számolva:												
SiO2	59,74	59,98	60,06	60,02	59,45	59,48	59,27	59,05	58,94	58,91	59,37	58,39
TiO2	0,00	0,18	0,15	0,08	0,00	0,10	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,03
Al2O3	0,10	0,32	0,09	0,05	0,00	0,11	0,14	0,10	0,04	0,07	0,00	0,00
FeO	3,75	3,12	3,34	3,32	3,15	3,26	3,46	4,46	3,79	4,04	3,02	4,69
MnO	0,03	0,12	0,15	0,04	0,11	0,00	0,20	0,04	0,09	0,10	0,00	0,17
MgO	22,89	22,90	23,06	22,94	23,34	23,38	23,00	22,77	23,21	22,70	23,62	23,88
CaO	13,25	12,99	12,77	13,00	13,49	13,19	13,46	13,07	13,36	13,56	13,26	12,51
Na2O	0,24	0,38	0,28	0,55	0,44	0,47	0,43	0,41	0,47	0,42	0,59	0,33
K2O	0,00	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,10	0,19	0,13	0,00
szum	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
R*	0,916	0,929	0,925	0,925	0,930	0,928	0,922	0,901	0,916	0,909	0,933	0,901

13. táblázat: mágnese szuszceptibilitás (MS) értékek: szerpentinitek

		érték/átlag (*10 ⁻³ SI)	min-max. (*10 ⁻³ SI)
Balatonőszöd - Temetői dűlő	BOT 9	13,85	
	BOT X3	57,25	
	BOT X4	29,23	
Mihálydy-gyűjtemény	(szerpentinitek)	56,22	20,54 – 85,62
Gogolów-Jordanów- masszívum	Jordanów	54,7	40,3-64,9
	Trzebnik	25	17,4-28,7
	Jańska Góra	30	
Niemcza-zóna	Gilów (milonitizálódott szerpentinít)	109,4	82,7-114
Szklary-masszívum	Kozmicky hegy	19,9	11,6-36,7
	Tomicky hegy	21,1	14-29,1
	Siodłowa hegy	28,3	21,2-33,9
Braszowice-Brzeźnica- masszívum	Grochowice hegytől északra	42,7	24,5-65,3
	Grochowice hegy és Mnich hegy között	42,6	30,9-50,8
	Mikolajevo	41,9	33,4-51,3
Bystrzyca Górna	Bystrzyca Górna A	61,3	38-92
	Bystrzyca Górna B	68,2	57-74,6

14. táblázat: PGAA eredmények: metabázitok

	BOTX-2	BOTX-12	Felsőcsatár			Kis-Kárpátok	Železný Brod			Želešice	
SiO ₂	46,99	51,59	49,65	50,31	49,45	48,36	49,58	54,95	51,22	50,30	48,56
TiO ₂	1,78	3,56	1,56	1,25	1,36	1,10	3,60	2,35	2,62	0,79	1,20
Al ₂ O ₃	17,83	14,16	15,70	16,11	15,92	20,68	14,11	13,64	12,68	15,39	14,11
Fe ₂ O _{3t}	11,75	13,55	10,32	9,97	10,28	9,17	13,74	11,21	13,20	11,37	13,33
MnO	0,24	0,21	0,15	0,16	0,15	0,12	0,20	0,26	0,35	0,15	0,21
MgO	8,14	6,07	7,82	8,14	8,21	6,59	6,67	7,03	9,59	6,61	8,57
CaO	10,82	9,10	11,49	10,77	11,68	10,06	9,42	8,43	9,22	14,23	11,86
Na ₂ O	2,45	1,75	3,21	3,20	2,85	2,57	1,76	2,12	1,13	1,17	1,76
K ₂ O	k.h.a.	k.h.a.	0,10	0,10	0,10	1,35	0,91	k.h.a.	k.h.a.	k.h.a.	0,40
szum	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

15. táblázat: mágneses szuszceptibilitás (MS) értékek: zöldpala/metabázit-csoport

			érték/átlag (*10-3 SI)	min-max. (*10-3 SI)	megjegyzés
		BOT X2	0,44		
		BOT X12	0,57		
	Mihálydy-gyűjtemény	GM-2	0,43	0,19-0,59	(Felsőcsatári eredet?)
		GM-1, 3, 4	0,76	0,17-2,75	(Železný Brod-i eredet?)
		GM-5	63,90	22,50- 98,10	(Želešice-i eredet?)
Cseh-masszívum (É)	Železný Brod kristályos egység	Jizerské Hory hegység	1,11	0,27-3,51	Jistebsko, Velké Hamry - őskori bányák
Cseh-masszívum (DK)		Želešice	45,00	10,10- 80,00	
Keleti-Alpok	Kőszeg-Rohonci tektonikai ablak	Felsőcsatár	0,38	0,13-0,74	

16. táblázat: a leletek megoszlása nyersanyagok szerint

	db-szám	%
bazalt	204	40,8
alkáli bázisos telérokózet ("trachidolerit")	2	0,4
nefrit	1	0,2
szerpentinit	4	0,8
metabázit	2	0,4
kovás andezit	1	0,2
meta-aleurolit/metatufa	1	0,2
kristályos mészkő („fehér kő”)	5	1,0
homokkő	205	41,0
bazaltos lapillitufa	11	2,2
fehér gránit	1	0,2
mészkő	26	5,2
dolomit	2	0,4
kavicsok	25	5,0
mesterséges?	10	2,0
összes	500	100,0

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkám során a Balatonöszöd–Temetői dűlő lelőhelyről előkerült 500 db kőzetanyagú lelet (csiszolt kőeszközök, szerszámkövek, egyéb megmunkált és megmunkálatlan töredékek, nyersanyagtömbök) nyersanyagát határoztam meg és részletes petrográfiai (makroszkópos és petrográfiai mikroszkópos), geokémiai (teljes kőzet kémiai és ásványkémiai), valamint közetfizikai módszerek alkalmazásával, irodalmi összehasonlítás és többváltozós adatelemzés segítségével megállapítottam a nyersanyagok legvalószínűbb forrásterületét (ld. a **táblázatot**). A Balatonöszöd–Temetői dűlő lelőhelyen feltárt egykori településen döntő többségében helyi kőzeteket használtak, csak néhány lelet nyersanyaga származik közeli (mintegy 30 km-nél távolabbi) vagy távolsági (200 km-nél távolabbi) nyersanyagforrásból.

Kőzettípus	Db	Valószínű forrásterület
Bazalt (1. változat)	82	Hegyesű
Bazalt (2. változat)	122	Legjobban hasonlít Haláp és Uzsa, de azokkal egyértelműen nem azonosítható. Nem zárható ki Diszel (Hajagos) sem.
Alkáli bázisos telérkőzet ("trachidolerit")	2	Mecseki kréta telérkőzetek: legjobban hasonlítanak a mánfai Mélyvölgy kőzetei, illetve a Komló környéki telérek.
Nefrit	1	Jordanów (Alsó-Szilézia, Cseh-masszívum, Lengyelország)
Szerpentinit	4	Gogolów-Jordanów-masszívum (Szklary-masszívum) (Alsó-Szilézia, Cseh-masszívum, Lengyelország)
Kontakt metabázit	2	Krkonoše-Jizera (Železný Brod) egység (Cseh-masszívum, Csehország)
Mikrokristályos mészkő	5	Közelí forrás (Dunántúli-khg., Mecsek). Nem zárható ki a Balkán-félsziget sem.
Homokkő I. csoport	183	Balatonfelvidéki Homokkő Fm Vörös homokkő és aleurolit tagozat: a Déli-Balaton-felvidék peremi területein és az Északi-Balaton-felvidéken a Fm alsó részére jellemző típus.
Homokkő II. csoport	5	Nyugat-Mecsek. Jakabhegyi Homokkő Fm felsőbb szintjeiben megjelenő homokkővek.
Bazaltos lapillitufa	11	Tihanyi-félsziget, Hajagos (Diszel), Csobánc, Kereki-hegy, Szigliget, Szentgyörgy-hegy, Uzsa, a Bazi és Tátika között felszínre bukkanó piroklasztitok, Kissomlyó.
Andaluzitos, fehér gránit	1	Nyugat-Mecsek: kavics-összletek Bükkösd környékén és a Sormás patak völgyében. Nem zárható ki a dunavarányi kavics-összlet és a Cseh-masszívum sem.
Kovás andezit	1	Egyelőre nem sikerült beazonosítani.
Metaaleurolit/metatufa	1	
Homokkő III. csoport	5	
Homokkő („bizonytalan besorolású”)	12	
Mészkő (édesvízi)	25	
Mészkő	1	
(kagylóhéj-töredékes)		
Dolomit	2	
Kavicsok	25	
Összes	500	

SUMMARY

The present dissertation reports the results of the research work on the 500 pcs of lithic artefacts excavated from the archaeological site Balatonöszöd - Temetői dűlő (Hungary). I have specified the raw materials and their most probable source. The finds consist of polished stone tools, other stone tools, rough-outs and elaborated fragments and blocks of the raw materials. Chipped stone tools of the site were elaborated by the excavating archaeologist, T. Horváth and published elsewhere. On the basis of my analyses [i.e. macroscopical, microscopical and chemical examinations (bulk-rock and mineral chemistry)], compared with data of analyses found in the literature, with the help of multivariant data processing the raw materials of the finds (and their most probable sources) were specified (see the **table below**).

Type	pcs	Probable source or source-area
Basalt (1. type)	82	Hegyesű
Bazalt (2. type)	122	Closest likeness of Haláp and Uzsa, but can not be identified with them. Diszel (Hajagos) cannot be excluded.
Alkaline basic dykes ("trachidolerite")	2	Cretaceous dykes in the Mecsek Mts. Closest likeness of the rocks to the Mélyvölgy valley outcrop at Mánfa and the dykes near Komló.
Nefrite	1	Jóránów (Lower Silesia, Bohemian Massif, Poland)
Serpentine	4	Gogołów-Jordanów Massif (Szklary Massif) (Lower Silesia, Bohemian Massif, Poland)
Contact metabasite	2	Krkonoše-Jizera (Železný Brod) unit (Bohemian Massif, Czech Republic)
Microcrystalline limestone	5	Near source (Transdanubian Range or Mecsek mts.). The Balkan-peninsula cannot be excluded.
Sandstone I. group	183	Balaton-Highland Sandstone Fm, Red sandstone and aleurolite member.
Sandstone II. group	5	Western Mecsek Mts. Jakabhegy Sandstone Fm (the higher beds of the Fm).
Basaltic lapillituff	11	Tihany-peninsula, Hajagos (Diszel), Csobánc, Kereki-hill, Szigliget, Szentgyögy-hill, Uzsa, pyroclasts cropping out between Bazsi and Tátika, Kissomlyó.
andalusite-bearing white granite	1	Western Mecsek Mts: pebbles in konglomerates at Bükkösd and Sormás-patak valley. Pebble-beds at Dunavarsány and the Bohemian Massif cannot be excluded.
Silicified andesite	1	Not yet identified.
Metaaleurolite/metatuff	1	
Sandstone III. group	5	
Other sandstones	12	
Limestone (freshwater)	25	
Limestone (with Bivalve-fragments)	1	
Dolomite	2	
Pebbles	25	
Alltogether	500	